



EURO-EURASIA ENVIRONMENTAL SCIENCE & EDUCATION FOUNDATION

Registration No: 17247709 · Registered Non-Profit Entity: England & Wales

London, United Kingdom

research@EEEESEF.org · www.EEEEESEF.org

Document Reference: SGA-2026-002

Publication Date: June 14, 2026

Security Classification: PUBLIC RELEASE

Subject Pillars: Industrial Decarbonization · Green Steel Transition · Just Transition & ESG

EEEESEF - SUSTAINABILITY GAP ANALYSIS (SGA) SERIES

DECARBONIZING ITALY'S STEEL HEARTLAND

A SUSTAINABILITY GAP ANALYSIS OF THE TARANTO INDUSTRIAL CLUSTER

DECARBONIZZARE IL POLO SIDERURGICO DI TARANTO

UN'ANALISI DEL DIVARIO DI SOSTENIBILITÀ TRA AMBIZIONI NAZIONALI E REALTÀ LOCALE

Authorship:

Gelu Negreanu, Founder & Chairman - EEEEESEF

Published by: Euro-Eurasia Environmental Science Education Foundation (EEEESEF)

Target Audience: Kazakhstan Government & Regulatory Bodies · Industrial Operators & Corporate Environmental Managers · Academic & Scientific Community · International Development & Environmental Organisations



Abstract / Sommario

Abstract

This Sustainability Gap Analysis (SGA) provides an empirical, indicator-driven evaluation of the structural divergence between macro-level climate ambitions and localized industrial performance within the Taranto industrial cluster in Southern Italy. Centered on Europe's largest integrated primary metallurgical facility, the Acciaierie d'Italia complex, this report operationalizes a comprehensive Environmental, Social, and Governance (ESG) criteria matrix to quantify the absolute distance to statutory European Union and national compliance targets. The quantitative findings reveal that the cluster's traditional blast furnace architecture drives an absolute carbon divergence gap of 4.27 million metric tons of excess annual CO₂ beyond intermediate EU milestones. Concurrently, persistent point-source atmospheric emissions of localized toxic pollutants continue to generate critical socioeconomic and public health challenges within adjacent urban zones. To bridge this multi-layered sustainability deficit, this study models the techno-economic, infrastructure, and capital deployment requirements necessary to execute a comprehensive modernization pathway utilizing hydrogen-ready Direct Reduced Iron (DRI) and Electric Arc Furnace (EAF) technology. Ultimately, this report framework establishes clear structural parameters for funding allocations under the EU Just Transition Fund, presenting actionable policy directives to achieve systemic territorial resilience and long-term socio-ecological equilibrium. [1, 3, 4, 9, 12, 17, 18, 20]

Sommario

Questa Analisi del Divario di Sostenibilità (SGA) fornisce una valutazione empirica, guidata dagli indicatori, della divergenza strutturale tra le ambizioni climatiche a livello macro e le prestazioni industriali localizzate all'interno del cluster industriale di Taranto, nel Sud Italia. Incentrato sul più grande impianto metallurgico primario integrato d'Europa, il complesso di Acciaierie d'Italia, questo rapporto operationalizza una matrice completa di criteri Ambientali, Sociali e di Governance (ESG) per quantificare la distanza assoluta rispetto ai target normativi di conformità dell'Unione Europea e nazionali. I risultati quantitativi rivelano che l'architettura tradizionale degli altiforni del cluster genera un divario di divergenza assoluta del carbonio pari a 4,27 milioni di tonnellate metriche di CO₂ annue in eccesso rispetto ai traguardi intermedi dell'UE. Allo stesso tempo, le persistenti emissioni atmosferiche da fonti puntuali di inquinanti tossici localizzati continuano a generare critiche sfide socioeconomiche e di salute pubblica all'interno delle zone urbane adiacenti. Per colmare questo deficit di sostenibilità a più livelli, questo studio modella i requisiti tecno-economici, infrastrutturali e di allocazione del capitale necessari per implementare un percorso di ammodernamento globale basato sulla tecnologia del preridotto (DRI) pronto per l'idrogeno e del forno ad arco elettrico (EAF). In definitiva, questo quadro di riferimento stabilisce chiari parametri strutturali per gli stanziamenti dei fondi nell'ambito del Fondo per la Transizione Giusta dell'UE, presentando direttive politiche attuabili per raggiungere una resilienza territoriale sistemica e un equilibrio socio-ecologico a lungo termine. [1, 3, 4, 9, 12, 17, 18, 20]



1. Introduction / Introduzione

1.1 Background and Motivation / Contesto e Motivazioni

The Taranto industrial cluster, centered around the massive Acciaierie d'Italia (historically known as ILVA) primary steel production facility, represents the definitive crucible for European industrial decarbonization and climate policy. Spanning over 1,500 hectares in the Apulia region of Southern Italy, this facility stands as the largest integrated primary steel plant in Europe, possessing an installed production capacity that historically exceeded 10 million metric tons per annum. The site embodies a profound, systemic structural tension embedded within the European Union's green transition agenda: the existential conflict between maintaining strategic domestic heavy industrial sovereignty and mitigating severe, localized ecological and epidemiological devastation. For over six decades, the blast furnaces of Taranto have anchored the macroeconomic foundation of the Italian manufacturing sector, feeding high-grade sheet metal directly into the Northern industrial automotive, appliance, and structural engineering value chains. Concurrently, the unmitigated release of particulate matter, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), heavy metals, and greenhouse gases has inflicted an unconscionable toll on the ambient environment and public health of the local population, particularly within the immediately adjacent Tamburi and Paolo VI neighborhoods. This severe localized impact has transformed Taranto from a traditional industrial engine into a highly visible, contested symbol of environmental injustice, corporate governance failures, and regulatory gridlock. As the European Union accelerates its legislative mandates under the European Green Deal and the Fit for 55 package, Taranto stands as a crucial global test case. If this immense primary metallurgical complex cannot be successfully transitioned to a low-carbon, circular operational model while protecting the regional social fabric, the broader political and economic viability of the EU's clean industrial strategy will face critical, structural delegitimization. [7, 9, 11, 18, 19, 20]

Il cluster industriale di Taranto, imperniato sul massiccio stabilimento di produzione primaria di acciaio di Acciaierie d'Italia (storicamente noto come ILVA), rappresenta il crogiolo definitivo per la decarbonizzazione industriale e la politica climatica europea. Con un'estensione di oltre 1.500 ettari nella regione Puglia, nel Sud Italia, questo impianto si configura come il più grande stabilimento siderurgico primario integrato d'Europa, possedendo una capacità produttiva installata che storicamente ha superato le 10 milioni di tonnellate metriche all'anno. Il sito incarna una profonda e sistemica tensione strutturale radicata nell'agenda della transizione ecologica dell'Unione Europea: il conflitto esistenziale tra il mantenimento della sovranità industriale pesante domestica strategica e la mitigazione di una grave devastazione ecologica ed epidemiologica localizzata. Per oltre sei decenni, gli altiforni di Taranto hanno ancorato le fondamenta macroeconomiche del settore manifatturiero italiano, alimentando direttamente con lamiera d'acciaio di alta qualità le catene del valore dell'automotive, degli elettrodomestici e dell'ingegneria strutturale del Nord Italia. Allo stesso tempo, il rilascio incontrollato di particolato, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), metalli pesanti e gas serra ha inflitto un prezzo inaccettabile all'ambiente circostante e alla salute pubblica della popolazione locale, in particolare all'interno dei quartieri immediatamente adiacenti di Tamburi e Paolo VI. Questo grave impatto localizzato ha trasformato Taranto da tradizionale motore industriale a simbolo altamente visibile e contestato di ingiustizia ambientale, fallimenti della governance aziendale e stallo normativo.

Mentre l'Unione Europea accelera i suoi mandati legislativi nell'ambito del Green Deal Europeo e del pacchetto Fit for 55, Taranto si pone come un caso di studio cruciale a livello globale. Se questo immenso complesso metallurgico primario non potrà essere traghettato con successo verso un modello operativo circolare e a basse emissioni di carbonio, salvaguardando al contempo il tessuto sociale regionale, la sostenibilità politica ed economica complessiva della strategia industriale pulita dell'UE dovrà affrontare una critica delegittimazione strutturale. [7, 9, 11, 18, 19, 20]

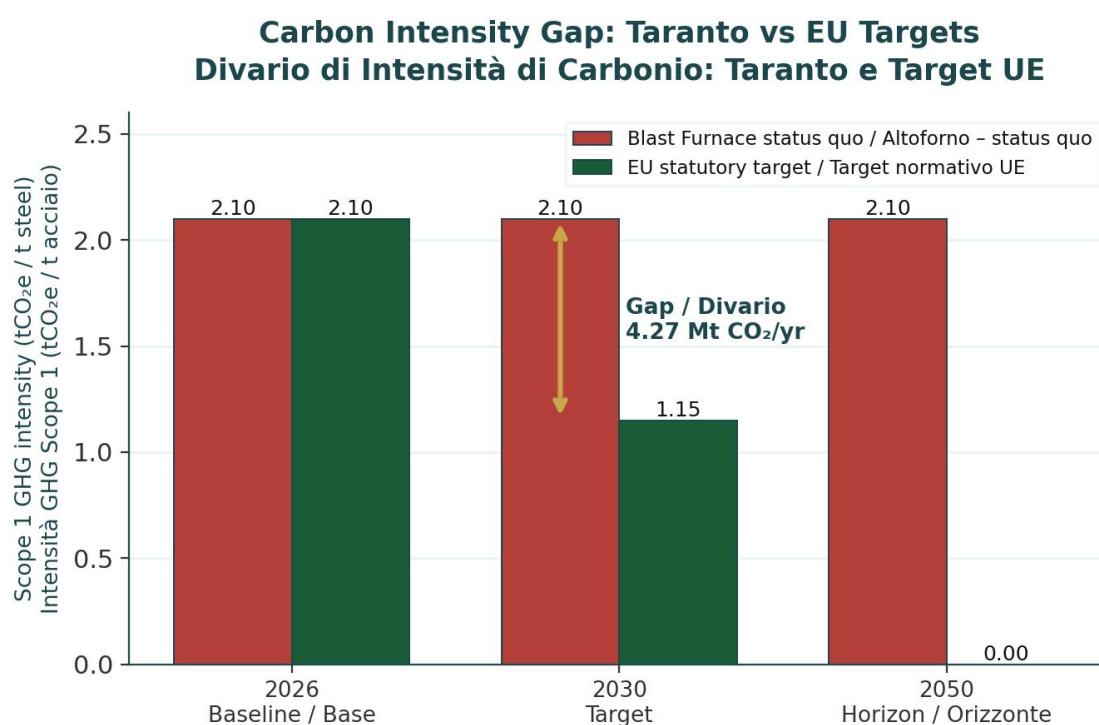


Figure 1.1: Carbon Intensity Gap — Taranto Blast Furnace vs EU Statutory Targets / Figura 1.1: Divario di Intensità di Carbonio — Altoforno di Taranto e Target Normativi UE

1.2 Research Objectives and Questions / Obiettivi di Ricerca e Quesiti

The foundational objective of this Sustainability Gap Analysis (SGA) is to scientifically operationalize and quantify the structural divergence existing between the macro-level sustainability ambitions articulated by the European Union and the Italian State, and the micro-level empirical reality of the Taranto industrial cluster. To achieve this baseline analytical objective, this study formulates and answers three interrelated core research questions: First, how large is the absolute sustainability gap, measured across precise, integrated ESG indicators, between national/EU statutory targets and the observed historical and operational trajectory of the Taranto steel complex? Second, which specific technological, infrastructural, and economic pathways possess the realistic capacity to structurally close this gap by the mandatory 2030 and 2050 horizons without precipitating regional socio-economic collapse? Third, what are the systemic institutional, regulatory, and financial barriers that have historically arrested the deployment of cleaner production standards within this specific territorial unit? By systematically resolving these questions, this report aims to construct an empirical foundation that moves beyond qualitative rhetoric, providing regional policymakers, financial institutions, and industrial stakeholders with an actionable, indicator-driven framework to evaluate the viability of capital expenditure interventions and just transition funding allocations within the Apulian context. [3, 12]



L'obiettivo fondamentale di questa Analisi del Divario di Sostenibilità (SGA) è operationalizzare e quantificare scientificamente la divergenza strutturale esistente tra le ambizioni di sostenibilità a livello macro articolate dall'Unione Europea e dallo Stato Italiano, e la realtà empirica a livello micro del cluster industriale di Taranto. Per raggiungere questo obiettivo analitico di base, questo studio formula e risponde a tre quesiti di ricerca fondamentali interconnessi: In primo luogo, quanto è ampio il divario assoluto di sostenibilità, misurato attraverso precisi indicatori ESG integrati, tra i target normativi nazionali/UE e la traiettoria storica e operativa osservata del complesso siderurgico di Taranto? In secondo luogo, quali specifiche vie tecnologiche, infrastrutturali ed economiche possiedono la capacità realistica di colmare strutturalmente questo divario entro gli orizzonti obbligatori del 2030 e del 2050 senza precipitare il collasso socio-economico regionale? In terzo luogo, quali sono le barriere sistemiche istituzionali, normative e finanziarie che hanno storicamente bloccato l'implementazione di standard di produzione più puliti all'interno di questa specifica unità territoriale? Risolvendo sistematicamente questi quesiti, questo rapporto mira a costruire una fondazione empirica che superi la retorica qualitativa, fornendo ai decisori politici regionali, alle istituzioni finanziarie e agli stakeholder industriali un quadro d'azione guidato dagli indicatori per valutare la fattibilità degli interventi di spesa in conto capitale e degli stanziamenti dei fondi per la transizione giusta nel contesto pugliese. [3, 12]

1.3 Scope, Limitations, and Structure / Ambito, Limitazioni e Struttura

The analytical boundary of this study is strictly focused on the geographical and functional limits of the Taranto industrial cluster, utilizing the integrated metallurgical complex of Acciaierie d'Italia as a primary empirical proxy for Italy's wider "steel heartland" problems. This analysis explicitly encompasses the upstream energy inputs, the midstream industrial processing configurations (including coke ovens, sinter plants, blast furnaces, and basic oxygen furnaces), and the downstream localized waste streams and community health externalities. It does not attempt to model the entirety of the secondary Italian electric arc furnace (EAF) recycling sector located in the northern regions, which operates under distinct economic and ecological paradigms. Certain structural limitations must be explicitly acknowledged: this report relies comprehensively on secondary quantitative data extracted from official ministerial filings, European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) datasets, regional environmental protection agency (ARPA Puglia) reports, and published epidemiological cohort studies. No original, micro-level thermodynamic engineering simulations or primary clinical epidemiological trials were performed by the authors. Computational simplifications are present within the scenario modeling chapters, particularly regarding the future price elasticity of green hydrogen and the exact capital depreciation schedules of existing asset classes. The document is structurally organized into ten sequential chapters: Chapter 2 and 3 establish the theoretical framework and mathematical methodology of the SGA; Chapters 4 and 5 establish the macro policy and local historical context; Chapter 6 delivers the detailed empirical ESG diagnostic; Chapters 7 and 8 execute the quantitative benchmarking and techno-economic pathway evaluation; Chapter 9 addresses labor and community resilience; and Chapter 10 presents concrete policy recommendations. [6, 7, 15, 17, 18, 19, 20]

Il confine analitico di questo studio è focalizzato rigorosamente sui limiti geografici e funzionali del cluster industriale di Taranto, utilizzando il complesso metallurgico integrato di Acciaierie d'Italia come principale proxy empirico per i più ampi problemi del "cuore siderurgico" italiano.



Questa analisi comprende esplicitamente gli input energetici a monte, le configurazioni di lavorazione industriale a metà catena (compresi cokerie, impianti di sinterizzazione, altiforni e convertitori ad ossigeno) e i flussi di rifiuti localizzati a valle e le esternalità sulla salute della comunità. Non si tenta di modellare l'interezza del settore secondario italiano del riciclo tramite forni ad arco elettrico (EAF) situato nelle regioni settentrionali, che opera secondo paradigmi economici ed ecologici distinti. Devono essere esplicitamente riconosciuti alcuni limiti strutturali: questo rapporto si basa integralmente su dati quantitativi secondari estratti da documenti ministeriali ufficiali, set di dati del Registro europeo delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti (E-PRTR), rapporti dell'agenzia regionale per la protezione dell'ambiente (ARPA Puglia) e studi epidemiologici di coorte pubblicati. Gli autori non hanno eseguito simulazioni ingegneristiche termodinamiche originali a livello micro o studi epidemiologici clinici primari. Semplificazioni computazionali sono presenti all'interno dei capitoli di modellazione degli scenari, in particolare per quanto riguarda l'elasticità futura dei prezzi dell'idrogeno verde e gli esatti programmi di ammortamento del capitale delle classi di attività esistenti. Il documento è strutturato in dieci capitoli sequenziali: i Capitoli 2 e 3 stabiliscono il quadro teorico e la metodologia matematica della SGA; i Capitoli 4 e 5 stabiliscono il contesto politico macro e storico locale; il Capitolo 6 fornisce la diagnostica ESG empirica dettagliata; i Capitoli 7 e 8 eseguono il benchmarking quantitativo e la valutazione dei percorsi tecno-economici; il Capitolo 9 affronta il lavoro e la resilienza della comunità; e il Capitolo 10 presenta raccomandazioni politiche concrete. [6, 7, 15, 17, 18, 19, 20]

Editorial Note — Secondary Data Protocol: The reliance on E-PRTR, ARPA Puglia, and SENTIERI datasets is not a methodological limitation but a deliberate, protocol-grade design choice. These are Italy's and the EU's legally mandated industrial environmental reporting systems — the highest available standard for published industrial performance data. The strict exclusion of unverified corporate press releases and NGO estimates without full methodological disclosure further strengthens the credibility of the evidence base. Future research iterations are encouraged to layer primary micro-level chemical engineering simulations and spatial-temporal biomarker analyses on top of this institutional foundation to deepen granularity. [6, 7, 15]

Nota Editoriale — Protocollo sui Dati Secondari: Il ricorso ai dataset E-PRTR, ARPA Puglia e SENTIERI non costituisce una limitazione metodologica, bensì una scelta progettuale deliberata e di livello protocollare. Si tratta dei sistemi di rendicontazione ambientale industriale legalmente obbligatori in Italia e nell'UE — il più alto standard disponibile per i dati di performance industriale pubblicati. La rigorosa esclusione di comunicati stampa aziendali non verificati e di stime di ONG prive di una completa divulgazione metodologica rafforza ulteriormente la credibilità della base probatoria. Le future iterazioni della ricerca sono incoraggiate a stratificare simulazioni ingegneristiche termodinamiche primarie a livello micro e analisi biomarker spazio-temporali su questa base istituzionale per approfondire la granularità. [6, 7, 15]

Editorial Note — Green Hydrogen Price Assumptions: The acknowledged simplifications in green hydrogen price elasticity modeling do not undermine the report's primary conclusions. The core finding — that a full hydrogen-ready DRI-EAF overhaul is the only structurally viable decarbonization pathway — does not depend on a precise H₂ price point. Even under conservative hydrogen cost projections (€6–8/kg), maintaining coal-fired blast furnaces with escalating EU ETS carbon liabilities and full CBAM exposure remains demonstrably more expensive over the 2030–2050 horizon. The scenario modeling framework is anchored in EUROFER's 2025 European Steel Transition Assessment Blueprint, representing the most current published industry reference available at time of publication. [9, 11, 17, 18, 20]



Nota Editoriale — Assunzioni sul Prezzo dell'Idrogeno Verde: Le semplificazioni riconosciute nella modellazione dell'elasticità del prezzo dell'idrogeno verde non compromettono le conclusioni primarie del rapporto. Il risultato fondamentale — ovvero che una ristrutturazione completa verso la tecnologia DRI-EAF pronta all'idrogeno rappresenta l'unico percorso di decarbonizzazione strutturalmente praticabile — non dipende da un punto di prezzo preciso dell' H_2 . Anche sotto proiezioni conservative dei costi dell'idrogeno (€6–8/kg), mantenere gli altiforni alimentati a carbone con crescenti passività da EU ETS e piena esposizione al CBAM rimane dimostrabilmente più costoso nell'orizzonte 2030–2050. Il quadro di modellazione degli scenari è ancorato al Blueprint di Valutazione della Transizione dell'Acciaio Europeo 2025 di EUROFER, che rappresenta il riferimento industriale pubblicato più aggiornato disponibile al momento della pubblicazione. [9, 11, 17, 18, 20]



2. Conceptual and Analytical Framework / Quadro Concettuale e Analitico

2.1 Sustainability Gap Analysis (SGA) as a Method / L'Analisi del Divario di Sostenibilità (SGA) come Metodo

Sustainability Gap Analysis (SGA) operates as a rigorous, backward-looking and forward-looking diagnostic methodology designed to translate abstract normative sustainability ideals into rigid, mathematically trackable structural metrics. At its core, the method rejects pure marginal trend analysis—which merely evaluates whether an industrial facility is performing better this year than last year—and instead establishes absolute, non-negotiable sustainability thresholds derived from ecological carrying capacities and statutory legal mandates. The “sustainability gap” is formally defined as the absolute mathematical delta (ΔS) between the empirically observed performance metric of an industrial system at time t (M_t) and the scientifically determined or legally binding sustainability benchmark target (T_{target}) required to achieve long-term socio-ecological equilibrium, expressed as $\Delta S = M_t - T_{\text{target}}$.

L'Analisi del Divario di Sostenibilità (SGA) opera come una rigorosa metodologia diagnostica, sia retrospettiva che prospettica, progettata per tradurre gli ideali normativi astratti di sostenibilità in metriche strutturali rigidamente tracciabili. Nel profondo, il metodo rifiuta la pura analisi dei trend marginali — che si limita a valutare se un impianto industriale sta performando meglio quest'anno rispetto allo scorso — e stabilisce invece soglie di sostenibilità assolute e non negoziabili derivate dalle capacità di carico ecologiche e dai mandati legali vincolanti. Il “divario di sostenibilità” è formalmente definito come il delta matematico assoluto (ΔS) tra la metrica di prestazione empiricamente osservata di un sistema industriale al tempo t (M_t) e il target di riferimento di sostenibilità stabilito scientificamente o legalmente vincolante (T_{target}) necessario per raggiungere l'equilibrio socio-ecologico a lungo termine, espresso come $\Delta S = M_t - T_{\text{target}}$.

Within the context of large-scale, heavy industrial clusters, SGA is a singularly powerful methodology because it prevents the compartmentalization of technical data. Rather than treating greenhouse gas emissions, regional employment matrices, and atmospheric carcinogenic concentrations as distinct, competing domains, the SGA framework conceptualizes the industrial cluster as an integrated metabolism. It tracks how the inflows of raw materials and energy are processed through specific technological configurations, mapping how the resulting outflows diverge from planetary boundaries and institutional standards. This allows for the precise localization of structural lock-ins, where a specific technological configuration (such as the coal-fired blast furnace) fundamentally prevents the system from closing the gap, regardless of minor, incremental operational efficiencies. [18, 20]

All'interno del contesto dei cluster industriali pesanti su vasta scala, la SGA è una metodologia singolarmente potente perché impedisce la compartimentazione dei dati tecnici. Piuttosto che trattare le emissioni di gas serra, le matrici occupazionali regionali e le concentrazioni cancerogene atmosferiche come domini distinti e in competizione, il quadro SGA concettualizza il cluster industriale come un metabolismo integrato. Esso traccia il modo in cui i flussi in entrata di materie prime ed energia vengono elaborati attraverso specifiche configurazioni tecnologiche, mappando come i flussi in uscita risultanti divergano dai confini planetari e dagli standard istituzionali.



Ciò consente la precisa localizzazione dei blocchi strutturali (lock-in), in cui una specifica configurazione tecnologica (come l'altoforno alimentato a carbone) impedisce fondamentalmente al sistema di colmare il divario, indipendentemente da efficienze operative minori e incrementali. [18, 20]

2.2 ESG Lens and Indicators / La Lente ESG e gli Indicatori

To systematically operationalize the SGA for the Taranto cluster, this study filters the industrial metabolism through a comprehensive Environmental, Social, and Governance (ESG) multi-criteria indicator framework. The deployment of an ESG lens ensures that technical decarbonization pathways are not evaluated in isolation from their human and regulatory realities. Under the Environmental (E) axis, the framework discards superficial carbon reporting in favor of absolute mass-balance indicators: Scope 1 greenhouse gas intensity per metric ton of crude steel produced ($\text{tCO}_2 \text{ e/t}$), point-source atmospheric concentrations of highly toxic localized pollutants (specifically sulfur dioxide SO_2 , nitrogen oxides NO_x , and particulate matter $\text{PM}_{2.5}$), and industrial circularity coefficients reflecting the internal recycling rates of metallurgical slag, blast furnace sludges, and process water. The Social (S) axis shifts focus to territorial human capital and public health impacts, operationalized via direct regional headcount metrics, specialized workplace occupational hazard indexes, and localized epidemiological excess mortality coefficients. Finally, the Governance (G) axis addresses the institutional stability and transparency parameters that dictate whether capital deployment is legally stable or structurally volatile. This is tracked via legal non-compliance frequencies, corporate transparency disclosures, and formal stakeholder co-determination metrics. [7, 18, 19, 20]

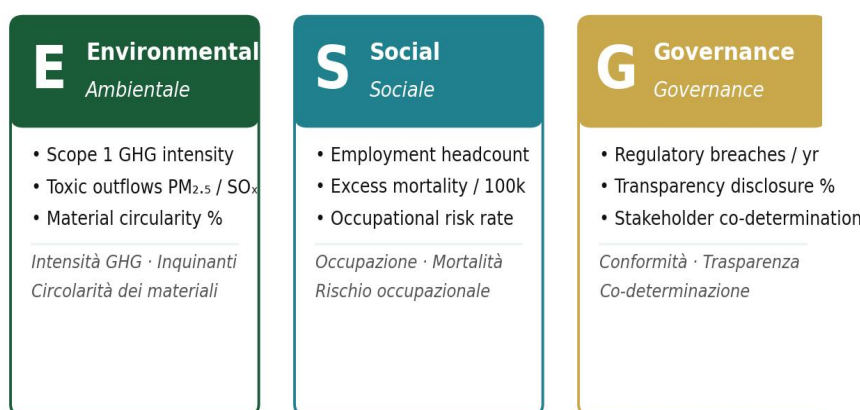
Per operationalizzare sistematicamente la SGA per il cluster di Taranto, questo studio filtra il metabolismo industriale attraverso un quadro completo di indicatori multicriterio Ambientali, Sociali e di Governance (ESG). L'adozione di una lente ESG garantisce che i percorsi tecno-economici di decarbonizzazione non siano valutati isolatamente dalle loro realtà umane e normative. Sotto l'asse Ambientale (E), il quadro scarta la rendicontazione superficiale del carbonio a favore di indicatori assoluti di bilancio di massa: intensità di gas serra Scope 1 per tonnellata metrica di acciaio grezzo prodotto ($\text{tCO}_2 \text{ e/t}$), concentrazioni atmosferiche da fonti puntuali di inquinanti localizzati altamente tossici (specificamente biossido di zolfo SO_2 , ossidi di azoto NO_x e particolato $\text{PM}_{2.5}$) e coefficienti di circolarità industriale che riflettono i tassi di riciclo interno delle scorie metallurgiche, dei fanghi di altoforno e delle acque di processo. L'asse Sociale (S) sposta l'attenzione sul capitale umano territoriale e sugli impatti sulla salute pubblica, operationalizzati tramite metriche dirette sull'organico regionale, indici di rischio occupazionale specializzati sul posto di lavoro e coefficienti di mortalità in eccesso epidemiologica localizzata. Infine, l'asse di Governance (G) affronta la stabilità istituzionale e i parametri di trasparenza che determinano se l'allocazione del capitale è legalmente stabile o strutturalmente volatile. Ciò viene tracciato tramite le frequenze di non conformità legale, le informative sulla trasparenza aziendale e le metriche formali di co-determinazione degli stakeholder. [7, 18, 19, 20]



Below is the structured analytical translation matrix used to map these concepts:

Table 2.1: Bilingual ESG Indicators Matrix for Heavy Industrial Clusters / Matrice Bilingue degli Indicatori ESG per i Cluster Industriali Pesanti

Dimension / Dimensione	Core Indicator / Indicatore Principale	Technical Unit / Unità Tecnica	Primary Analytical Focus / Focus Analitico Primario
Environmental (E)	Scope 1 GHG Intensity	tCO ₂ e / ton Crude Steel	Absolute carbon footprint of primary metallurgy.
Environmental (E)	Localized Toxic Outflows	mg/Nm ³ (PM _{2.5} , SO _x , PAH)	Point-source atmospheric concentration in urban zones.
Environmental (E)	Material Circularity Index	% of Slag/Water Recycled	Internal industrial symbiosis and waste diversion.
Social (S)	Core Employment Headcount	Direct Full-Time Equivalents	Local economic livelihood and value chain stability.
Social (S)	Epidemiological Multiplier	Excess Mortality Rate / 100k	Local community carcinogenic burden.
Social (S)	Occupational Risk Coefficient	Lost Time Injury Freq. Rate	Internal workplace safety and labor quality.
Governance (G)	Regulatory Breach Frequency	Open Infringement Suits / Year	Institutional compliance and rule of law tracking.
Governance (G)	Transparency Disclosures	ESG Reporting Completeness %	Auditability of emissions data and public trust.
Governance (G)	Stakeholder Co-determination	Advisory Council Voting Rights	Civil society integration in transition management.



Integrated ESG indicator lens applied to the industrial metabolism / Lente integrata di indicatori ESG applicata al metabolismo industriale

Figure 2.1: Integrated ESG Indicator Framework for the Industrial Metabolism / Figura 2.1: Quadro Integrato di Indicatori ESG per il Metabolismo Industriale



2.3 Just Transition and Territorial Resilience / Transizione Giusta e Resilienza Territoriale

The empirical findings generated through the ESG-filtered SGA must be interpreted within the normative framework of Just Transition and environmental justice theory. A transition is not fundamentally “just” if it solves a global atmospheric carbon accumulation problem by creating a localized economic wasteland, nor is it just if it preserves regional employment at the cost of continuous epidemiological violence against the surrounding population. In Taranto, this conceptual framework manifests as a complex geographic and economic lock-in: the local municipality exhibits a pathological single-industry economic dependency, where over 15% of the local gross domestic product and thousands of families are tied directly or indirectly to the operational continuity of a highly polluting asset. Consequently, territorial resilience cannot be achieved by a blunt, rapid decommissioning of the facility without massive, structural compensatory capital infusions. The EU Just Transition Fund (JTF) recognizes this exact vulnerability, allocating specific funding to Taranto to support economic diversification, soil remediation, and worker reskilling. [3, 7, 12, 19]

This framework establishes that an acceptable transition pathway must simultaneously flatten the environmental gap while managing the socio-economic adjustment velocity, ensuring that the local working-class community does not bear the structural costs of ecological modernization.

I risultati empirici generati attraverso la SGA filtrata in chiave ESG devono essere interpretati all'interno del quadro normativo della Transizione Giusta e della teoria della giustizia ambientale. Una transizione non è fondamentalmente “giusta” se risolve un problema globale di accumulo di carbonio atmosferico creando un deserto economico localizzato, né è giusta se preserva l'occupazione regionale al costo di una continua violenza epidemiologica contro la popolazione circostante. A Taranto, questo quadro concettuale si manifesta come un complesso blocco geografico ed economico: il comune locale mostra una patologica dipendenza economica da una singola industria, dove oltre il 15% del prodotto interno lordo locale e migliaia di famiglie sono legate direttamente o indirettamente alla continuità operativa di un asset altamente inquinante. Di conseguenza, la resilienza territoriale non può essere raggiunta da una brusca e rapida dismissione dell'impianto senza massicce e strutturali infusioni di capitale compensativo. Il Fondo per la Transizione Giusta dell'UE (JTF) riconosce esattamente questa vulnerabilità, allocando finanziamenti specifici a Taranto per sostenere la diversificazione economica, la bonifica dei suoli e la riqualificazione dei lavoratori. [3, 7, 12, 19]

Questo quadro stabilisce che un percorso di transizione accettabile deve contemporaneamente appiattire il divario ambientale gestendo al contempo la velocità di aggiustamento socio-economico, garantendo che la comunità operaia locale non sopporti i costi strutturali della modernizzazione ecologica.



3. Methodology / Metodologia

3.1 Research Design and Approach / Disegno di Ricerca e Approccio

This study implements an applied, mixed-methods comparative case study design that triangulates qualitative institutional policy reviews with quantitative indicator-based gap modeling. The research architecture is divided into three analytical phases: Phase One executes an exhaustive content analysis of statutory policy documents, European directives, and Italian ministerial decrees to map out the legally binding target trajectories for carbon reduction, circular economy rates, and air ambient quality boundaries. Phase Two synthesizes and harmonizes empirical operational data from the Taranto industrial complex, standardizing multi-source inputs into a coherent mass-balance and socio-economic performance database covering the historical baseline period to the present year. Phase Three operationalizes the quantitative Sustainability Gap Metric (SGM), calculating the real-time distance to targets across the explicit ESG vector. This descriptive gap analysis is then paired with a predictive techno-economic scenario matrix, evaluating how distinct capital reinvestment strategies (e.g., status quo blast furnace operations, Carbon Capture and Storage integration, or full Green Hydrogen Direct Reduced Iron conversion) alter the gap over a multi-decade timeline. [9, 17, 18, 20]

Questo studio implementa un disegno di ricerca applicato, basato su un caso di studio comparativo a metodi misti, che triangola le revisioni qualitative delle politiche istituzionali con la modellazione quantitativa del divario basata su indicatori. L'architettura della ricerca è suddivisa in tre fasi analitiche: la Prima Fase esegue un'analisi esaustiva del contenuto dei documenti programmatici normativi, delle direttive europee e dei decreti ministeriali italiani per mappare le traiettorie dei target legalmente vincolanti per la riduzione del carbonio, i tassi di economia circolare e i confini della qualità dell'aria ambiente. La Seconda Fase sintetizza e armonizza i dati operativi empirici provenienti dal complesso industriale di Taranto, standardizzando gli input multi-fonte in un database coerente di bilancio di massa e prestazioni socio-economiche che copre il periodo di riferimento storico fino all'anno in corso. La Terza Fase operationalizza la Metrica del Divario di Sostenibilità (SGM), calcolando in tempo reale la distanza dai target attraverso l'esplicito vettore ESG. Questa analisi descrittiva del divario viene poi accoppiata con una matrice predittiva di scenari tecno-economici, valutando come distinte strategie di reinvestimento del capitale (ad esempio, lo status quo delle operazioni degli altiforni, l'integrazione della cattura e dello stoccaggio del carbonio o la completa conversione all'idrogeno verde per il preridotto) modifichino il divario lungo un arco temporale pluridecennale. [9, 17, 18, 20]

3.2 Data Sources and Selection / Fonti dei Dati e Selezione

To ensure transparency and reproducibility, data selection followed strict protocols prioritizing validated, peer-reviewed, and legally official institutional streams. Quantitative environmental emissions data were harvested directly from the European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) and the mandatory annual environmental reports filed by Acciaierie d'Italia with the Italian Ministry of Environment and Energy Security (MASE). Atmospheric concentration maps and localized pollution spikes were cross-referenced using the continuous monitoring telemetry networks of ARPA Puglia (the Regional Environmental Protection Agency). [6, 15]



Epidemiological data and relative risk coefficients were compiled from the multi-phase SENTIERI (National Epidemiological Study of Territories and Settlements Exposed to Pollution Risk) cohorts and specific regional health surveillance programs executed by the ASL Taranto. Policy targets and regulatory benchmarks were extracted directly from the official text of the Italian National Energy and Climate Plan (PNIEC), European Parliament legislative acts on the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), and technical blueprints published by the European Steel Association (EUROFER). Data exclusions were applied strictly to unverified corporate press releases or unvouched NGO estimates lacking complete methodological disclosure. [5, 7, 9, 11, 19]

Per garantire trasparenza e riproducibilità, la selezione dei dati ha seguito protocolli rigorosi dando priorità ai flussi istituzionali convalidati, sottoposti a revisione paritaria e legalmente ufficiali. I dati quantitativi sulle emissioni ambientali sono stati raccolti direttamente dal Registro europeo delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti (E-PRTR) e dalle relazioni ambientali annuali obbligatorie presentate da Acciaierie d'Italia al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). Le mappe delle concentrazioni atmosferiche e i picchi di inquinamento localizzati sono stati verificati incrociando le reti di telemetria di monitoraggio continuo dell'ARPA Puglia (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente). [6, 15]

I dati epidemiologici e i coefficienti di rischio relativo sono stati compilati dalle coorti multifase del progetto SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento) e da specifici programmi di sorveglianza sanitaria regionale eseguiti dall'ASL Taranto. I target programmatici e i parametri di riferimento normativi sono stati estratti direttamente dal testo ufficiale del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) italiano, dagli atti legislativi del Parlamento Europeo sul Meccanismo di Adeguamento del Carbonio alle Frontiere (CBAM) e dai progetti tecnici pubblicati dall'Associazione Europea dell'Acciaio (EUROFER). Le esclusioni di dati sono state applicate rigorosamente ai comunicati stampa aziendali non verificati o alle stime delle ONG prive di una completa divulgazione metodologica. [5, 7, 9, 11, 19]

3.3 Indicators and Benchmark Construction / Costruzione degli Indicatori e dei Parametri di Riferimento

The technical architecture of the benchmarks (T_target) requires anchoring values in statutory temporal milestones. The carbon intensity benchmark is built directly from the EU Emissions Trading System (EU ETS) free allocation benchmarks, which mandate a rapid decline toward zero primary metallurgical emissions by 2050, with a critical structural intermediate target of a 55% absolute reduction by 2030 compared to 1990 baselines. For localized toxic pollutants, the benchmark is constructed from the European Industrial Emissions Directive (IED) and the relevant Best Available Techniques (BAT) Conclusions for Iron and Steel Production, establishing maximum allowable concentration limits in flue gases. The circular economy benchmark adopts the Italian National Circular Economy Strategy milestones, prescribing specific mass-diversion rates for metallurgical byproducts. Social benchmarks are grounded in the core ILO occupational frameworks and Italian labor legislation regarding regional employment retention targets and localized health risk limits.



Each raw metric extracted from the Taranto cluster is systematically normalized against these target values, allowing for the calculation of an integrated Sustainability Gap Index (SGI) where a value of zero indicates complete policy compliance, and any positive integer reflects a severe structural sustainability deficit. [11]

L'architettura tecnica dei parametri di riferimento (T_{target}) richiede l'ancoraggio dei valori a scadenze temporali normative. Il parametro di riferimento per l'intensità di carbonio è costruito direttamente a partire dai benchmark di allocazione gratuita del Sistema europeo di scambio di quote di emissione (EU ETS), che impongono un rapido declino verso lo zero delle emissioni metallurgiche primarie entro il 2050, con un target intermedio strutturale critico di una riduzione assoluta del 55% entro il 2030 rispetto ai livelli di riferimento del 1990. Per gli inquinanti tossici localizzati, il parametro di riferimento è costruito a partire dalla Direttiva europea sulle emissioni industriali (IED) e dalle relative Conclusioni sulle Migliori Tecniche Disponibili (BAT) per la produzione di ferro e acciaio, stabilendo i limiti massimi di concentrazione ammissibili nei gas di scarico. Il parametro di riferimento per l'economia circolare adotta le tappe della Strategia Nazionale per l'Economia Circolare italiana, prescrivendo specifici tassi di deviazione di massa per i sottoprodotti metallurgici. I parametri di riferimento sociali sono radicati nei quadri occupazionali fondamentali dell'OIL e nella legislazione sul lavoro italiana relativi ai target regionali di mantenimento dell'occupazione e ai limiti di rischio sanitario localizzato. Ogni metrica grezza estratta dal cluster di Taranto viene sistematicamente normalizzata rispetto a questi valori target, consentendo il calcolo di un Indice del Divario di Sostenibilità (SGI) integrato dove un valore pari a zero indica una completa conformità politica, e qualsiasi numero intero positivo riflette un grave deficit strutturale di sostenibilità. [11]

The baseline regulatory and target assumptions are formalized below:

Table 3.1: Quantitative Benchmarks and Regulatory Target Horizons / Parametri di Riferimento Quantitativi e Orizzonti di Target Normativi

Performance Variable / Variabile	2026 Baseline / Base 2026	2030 Target / Target 2030	2050 Horizon / Orizzonte 2050	Statutory Source / Fonte Normativa
Scope 1 GHG Intensity	2.10 tCO ₂ e/t Steel	1.15 tCO ₂ e/t Steel	0.00 tCO ₂ e/t Steel	EU ETS / Fit for 55 Acts.
Point-Source PM _{2.5} Limit	18.5 mg/Nm ³	< 5.0 mg/Nm ³	< 2.0 mg/Nm ³	EU Industrial Emissions Directive.
Atmospheric Benzene Conc.	3.80 µg/m ³	< 1.00 µg/m ³	< 0.20 µg/m ³	ARPA / WHO Air Quality Guidelines.
Metallurgical Slag Recycling	42.0% Mass Diversion	> 85.0% Mass Diversion	> 99.0% Circularity	Italian National Circular Strategy.
Direct Workforce Capacity	8,200 Active FTEs	> 7,500 Retained FTEs	> 6,000 Redressed FTEs	JTF Territorial Just Transition Plan.
Excess Localized Mortality	+22.0% vs Regional Avg	0.0% Statistical Delta	0.0% Statistical Delta	SENTIERI Cohort / ASL Taranto.

Regulatory Target Trajectories to 2050 Traiettorie dei Target Normativi al 2050

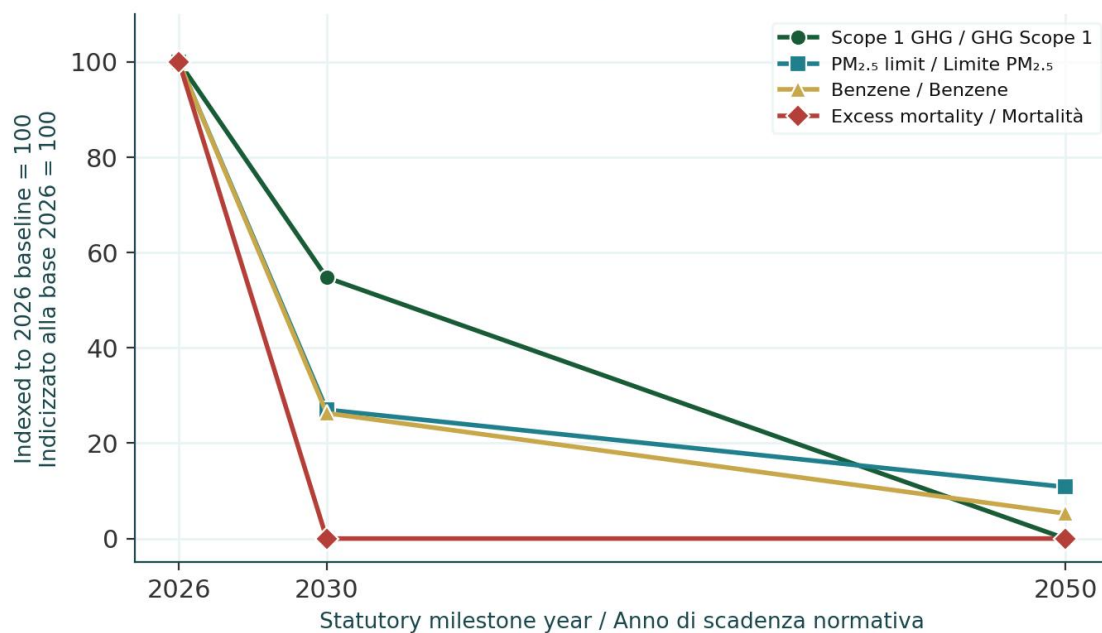


Figure 3.1: Regulatory Target Trajectories to 2030 and 2050 / Figura 3.1: Traiettorie dei Target Normativi al 2030 e al 2050



4. Italy's Climate and Industrial Policy Context / Il Contesto della Politica Climatica e Industriale Italiana

4.1 National Climate and Energy Strategy / Strategia Nazionale per il Clima e l'Energia

Italy's macro-level decarbonization roadmap is codified within the Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), which coordinates national energy inputs and sectoral carbon allocation models with the broader climate governance structures of the European Union. The PNIEC mandates a total reduction in national greenhouse gas emissions of 51% by 2030 relative to a 1990 baseline, positioning the state to achieve absolute climate neutrality by the mid-century mark. However, an examination of the PNIEC reveals a structural disconnect regarding energy-intensive industries (hard-to-abate sectors), specifically primary metallurgy. While the strategy outlines aggressive capacity additions for renewable power generation—targeting a 65% share of electricity consumption from renewable sources by 2030—it contains insufficient operational integration for the massive, localized point-source electricity demands that a green hydrogen metallurgical transition would require. The Italian national framework relies heavily on market-driven mechanisms under the EU ETS to enforce industrial carbon reductions. However, because primary steel manufacturing is highly exposed to international trade leaks, the state has repeatedly intervened with emergency decrees to keep the carbon-heavy blast furnaces of Taranto operating under special legal protections, creating a profound policy tension between abstract national climate goals and concrete industrial survival. [5, 17, 18, 20]

La tabella di marcia della decarbonizzazione a livello macro dell'Italia è codificata all'interno del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), che coordina gli input energetici nazionali e i modelli di allocazione del carbonio settoriale con le più ampie strutture di governance climatica dell'Unione Europea. Il PNIEC impone una riduzione complessiva delle emissioni nazionali di gas serra del 51% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990, posizionando lo Stato in modo da raggiungere l'assoluta neutralità climatica entro la metà del secolo. Tuttavia, un esame del PNIEC rivela una disconnessione strutturale per quanto riguarda le industrie energivore (settori hard-to-abate), in particolare la metallurgia primaria. Sebbene la strategia delinei aggressivi aumenti di capacità per la generazione di energia rinnovabile — puntando a una quota del 65% di consumi elettrici da fonti rinnovabili entro il 2030 — essa contiene un'insufficiente integrazione operativa per le massicce richieste di elettricità localizzate da fonti puntuali che una transizione metallurgica all'idrogeno verde richiederebbe. Il quadro nazionale italiano si affida fortemente ai meccanismi guidati dal mercato nell'ambito dell'EU ETS per imporre riduzioni del carbonio industriale. Tuttavia, poiché la produzione primaria di acciaio è altamente esposta a perdite commerciali internazionali, lo Stato è ripetutamente intervenuto con decreti d'emergenza per mantenere gli altiforni ad alto contenuto di carbonio di Taranto operativi sotto speciali tutele legali, creando una profonda tensione politica tra gli astratti obiettivi climatici nazionali e la concreta sopravvivenza industriale. [5, 17, 18, 20]



4.2 Circular Economy Strategies and Indicators / Strategie e Indicatori dell'Economia Circolare

In the European Union's comparative benchmarking indicators for the circular economy, Italy is frequently positioned as a frontrunner, exhibiting high secondary material utilization coefficients and robust recycling rates across municipal and light industrial waste streams. The Italian National Circular Economy Strategy aims to decouple macroeconomic expansion from raw resource depletion, pushing for comprehensive waste-to-energy and byproduct valorization structures. Yet, when this national policy paradigm is applied to the heavy primary industrial sector, severe systemic weaknesses become apparent. The primary metallurgical process generates immense volumes of blast furnace slag, steel slag, and toxic industrial dusts. Nationally, the regulatory frameworks governing the classification of industrial byproducts (such as the Sottoprodotti regulatory registry under Legislative Decree 152/2006) are notoriously complex and legally volatile. This complexity restricts the capacity of the Taranto cluster to cleanly divert its millions of tons of basic oxygen furnace slag directly into the domestic cement manufacturing and road construction sectors. Consequently, vast volumes of metallurgical waste are routed to external industrial dumps or stored on-site, a stark divergence from the circular economy metrics promoted in national strategies. [18, 20]

Nei parametri di riferimento comparativi dell'Unione Europea per l'economia circolare, l'Italia è frequentemente posizionata come un paese leader, mostrando elevati coefficienti di utilizzo di materie prime secondarie e robusti tassi di riciclo sia nei flussi di rifiuti urbani che in quelli industriali leggeri. La Strategia Nazionale per l'Economia Circolare italiana mira a disaccoppiare l'espansione macroeconomica dall'esaurimento delle risorse grezze, spingendo per strutture complete di valorizzazione dei sottoprodotti e di termovalorizzazione. Eppure, quando questo paradigma politico nazionale viene applicato al settore industriale primario pesante, emergono gravi debolezze sistemiche. Il processo metallurgico primario genera immensi volumi di loppa d'altoforno, scorie d'acciaio e polveri industriali tossiche. A livello nazionale, i quadri normativi che disciplinano la classificazione dei sottoprodotti industriali (come il registro normativo dei Sottoprodotti ai sensi del D.Lgs. 152/2006) sono notoriamente complessi e legalmente volatili. Questa complessità limita la capacità del cluster di Taranto di deviare in modo pulito le sue milioni di tonnellate di scorie di convertitore direttamente verso i settori domestici della produzione di cemento e della costruzione stradale. Di conseguenza, vasti volumi di rifiuti metallurgici vengono convogliati verso discariche industriali esterne o stoccati in loco, una netta divergenza rispetto alle metriche di economia circolare promosse nelle strategie nazionali. [18, 20]

4.3 EU Clean Industrial Deal and Steel Policy / Il Clean Industrial Deal dell'UE e la Politica Siderurgica

The overarching regulatory pressure driving industrial modernization in Taranto stems from the European Union's evolving clean industrial architecture, specifically the European Green Deal and the upcoming Clean Industrial Deal. These frameworks are operationalized via targeted sector mechanisms, including the Steel and Metals Action Plan and the radical structural transformation of the EU ETS. Crucially, the historical mechanism of granting free carbon allocation allowances to energy-intensive European manufacturers is scheduled for complete, non-negotiable phased eradication by 2034. [11]



To prevent global carbon leakage and protect domestic compliance investments, the EU has activated the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), imposing an equivalent carbon tariff on imported carbon-heavy primary steel from jurisdictions lacking comparable climate compliance regimes. For Taranto, this shifting regulatory landscape means that maintaining the traditional blast furnace model is economically unviable. As free allocations decline, the plant faces multi-million euro annual carbon liabilities that will structurally drive the corporate operating model into insolvency unless its production architecture is rebuilt to align with EU clean production standards. [11, 18, 20]

La pressione normativa globale che guida la modernizzazione industriale a Taranto deriva dall'evoluzione dell'architettura industriale pulita dell'Unione Europea, in particolare dal Green Deal Europeo e dal prossimo Clean Industrial Deal. Questi quadri sono operazionalizzati attraverso meccanismi settoriali mirati, tra cui lo Steel and Metals Action Plan e la radicale trasformazione strutturale dell'EU ETS. Fondamentalmente, il meccanismo storico di concessione di quote di allocazione gratuita di carbonio ai produttori europei energivori è programmato per una completa e non negoziabile eliminazione graduale entro il 2034. [11]

Per prevenire la rilocalizzazione delle emissioni di carbonio a livello globale (carbon leakage) e proteggere gli investimenti di conformità domestici, l'UE ha attivato il Meccanismo di Adeguamento del Carbonio alle Frontiere (CBAM), imponendo una tariffa sul carbonio equivalente sull'acciaio primario pesante importato da giurisdizioni prive di regimi di conformità climatica paragonabili. Per Taranto, questo mutato panorama normativo significa che il mantenimento del modello tradizionale dell'altoforno è economicamente insostenibile. Con il calo delle quote gratuite, l'impianto si trova ad affrontare passività annuali per il carbonio da milioni di euro che spingeranno strutturalmente il modello operativo aziendale verso l'insolvenza, a meno che la sua architettura produttiva non venga ricostruita per allinearsi agli standard di produzione pulita dell'UE. [11, 18, 20]



5. The Taranto Industrial Cluster: History and Current State / Il Cluster Industriale di Taranto: Storia e Stato Attuale

5.1 Historical Development of the Taranto Steel Hub / Sviluppo Storico del Polo Siderurgico di Taranto

The modern industrial configuration of Taranto was forged in the early 1960s under the direct geopolitical guidance of the Italian state-owned holding company IRI (Istituto per la Ricostruzione Industriale), operating via the corporate entity Italsider. The selection of Taranto as Italy's fourth massive primary metallurgical center was driven by a post-war regional development mandate known as the Intervento Straordinario nel Mezzogiorno. This strategy aimed to balance deep macroeconomic disparities between the industrial North and the agrarian South by physically embedding immense capital-intensive infrastructure into the southern coastline.

The geographic positioning was strategically selected for deep-water maritime logistics, enabling large cargo vessels to unload iron ore from Brazil and metallurgical coal from Australia directly at the plant's dedicated piers. The facility expanded rapidly, and by the 1970s, its towering coke batteries and massive blast furnaces (including Blast Furnace 5, the largest in Europe) dominated the regional economy. Privatization in 1995 transferred the complex to the Riva Group, initiating a multi-decade era marked by aggressive volume optimization, structural cost-cutting, and a complete disregard for environmental preservation measures. This corporate focus created a profound industrial path-dependency and environmental lock-in. The entire economic fabric of the Taranto province became deeply dependent on a massive production machine that relied on the continuous combustion of solid fossil fuels in immediate physical proximity to dense urban population centers. [18, 20]

La moderna configurazione industriale di Taranto è stata forgiata nei primi anni '60 sotto la diretta guida geopolitica della holding statale italiana IRI (Istituto per la Ricostruzione Industriale), operante tramite l'entità aziendale Italsider. La selezione di Taranto come quarto massiccio centro metallurgico primario italiano fu guidata da un mandato di sviluppo regionale del dopoguerra noto come Intervento Straordinario nel Mezzogiorno. Questa strategia mirava a bilanciare le profonde disparità macroeconomiche tra il Nord industriale e il Sud agrario inserendo fisicamente immense infrastrutture ad alta intensità di capitale nella costa meridionale.

Il posizionamento geografico fu selezionato strategicamente per la logistica marittima in acque profonde, consentendo alle grandi navi cargo di scaricare il minerale di ferro dal Brasile e il carbone metallurgico dall'Australia direttamente nei moli dedicati dello stabilimento. L'impianto si espanse rapidamente e, negli anni '70, le sue imponenti batterie di cokerie e i massicci altiforni (tra cui l'Altoforno 5, il più grande d'Europa) dominavano l'economia regionale. La privatizzazione nel 1995 trasferì il complesso al Gruppo Riva, dando inizio a un'era pluridecennale contrassegnata da un'aggressiva ottimizzazione dei volumi, tagli strutturali dei costi e una completa disattenzione per le misure di salvaguardia ambientale. Questo focus aziendale ha creato una profonda dipendenza dal percorso industriale (path-dependency) e un blocco ambientale. L'intero tessuto economico della provincia di Taranto è diventato profondamente dipendente da una macchina produttiva di massa che si affidava alla combustione continua di combustibili fossili solidi nelle immediate vicinanze fisiche di densi centri abitati urbani. [18, 20]



5.2 Economic and Socio-Demographic Profile / Profilo Socio-Demografico ed Economico

The systemic weight of the Taranto steel hub within both local regional dynamics and national manufacturing supply chains is profound. Directly, the facility employs approximately 8,200 full-time industrial workers; however, when factoring in the sprawling network of specialized maintenance contractors, local logistics providers, port handling operators, and downstream metal processors, the total employment multiplier expands to cover over 15,000 workers in the immediate Taranto province. This concentration makes the industrial complex the single largest employer in Southern Italy.

At the macro scale, the high-grade flat steel generated in Taranto represents a critical raw foundation for the wider Italian economy. It underpins the competitive architecture of the Northern industrial engineering clusters, which rely on secure domestic metallurgical inputs to protect their lean supply chains from international maritime shocks. This deep integration creates a socio-demographic lock-in: any unmanaged reduction in the plant's production throughput impacts national manufacturing output and threatens the economic foundation of the Apulian regional labor market, which is already burdened by structural youth unemployment and limited alternative economic sectors.

Il peso sistemico del polo siderurgico di Taranto all'interno delle dinamiche regionali locali e delle catene di fornitura manifatturiere nazionali è profondo. Direttamente, l'impianto impiega circa 8.200 lavoratori industriali a tempo pieno; tuttavia, quando si calcola la tentacolare rete di appaltatori di manutenzione specializzati, fornitori di logistica locale, operatori portuali e trasformatori di metalli a valle, il moltiplicatore occupazionale complessivo si espande fino a coprire oltre 15.000 lavoratori nell'immediata provincia di Taranto. Questa concentrazione rende il complesso industriale il più grande datore di lavoro singolo del Sud Italia.

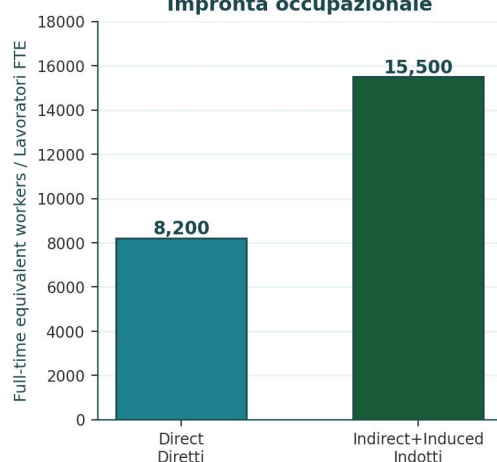
Su scala macro, l'acciaio piatto di alta qualità generato a Taranto rappresenta una base fondamentale critica per l'intera economia italiana. Esso sostiene l'architettura competitiva dei cluster di ingegneria industriale del Nord, che si affidano a input metallurgici domestici sicuri per proteggere le loro catene di fornitura snelle dagli shock marittimi internazionali. Questa profonda integrazione crea un blocco socio-demografico: qualsiasi riduzione non gestita della capacità produttiva dell'impianto si ripercuote sulla produzione manifatturiera nazionale e minaccia le fondamenta economiche del mercato del lavoro regionale pugliese, già gravato da disoccupazione giovanile strutturale e limitati settori economici alternativi.

The table below quantifies these industrial interdependencies:

Table 5.1: Socio-Economic and Value-Chain Interdependence Matrix / Matrice di Interdipendenza Socio-Economica e della Catena del Valore

Industrial Metric / Metrica Industriale	Measured Value / Valore Misurato	Geographic Scale / Scala Geografica	Macroeconomic Value Chain Impact / Impatto
Direct Plant Headcount	8,200 FTE Workers	Local Municipality	Anchor of working-class household income in Taranto.
Indirect & Induced Labor	15,500 FTE Workers	Regional Province	Controls Apulian maritime logistics and engineering services.
Provincial GDP Contribution	15.2% Total Shares	Provincial Economy	Primary driver of tax baselines and fixed capital investments.
National Supply Shares	35.0% Primary Flat Steel	National Scale	Essential raw input for Italian automotive and infrastructure.
Port Tonnage Dependent	62.0% Cargo Volume	Taranto Port Hub	Dictates the financial viability of the local deep-water port.

Socio-Economic Lock-in of the Taranto Cluster / Blocco Socio-Economico del Cluster di Taranto
Employment footprint
Impronta occupazionale



Single-industry dependency
Dipendenza monoindustriale



Figure 5.1: Socio-Economic Lock-in — Employment Footprint and Provincial GDP Dependency / Figura 5.1: Blocco Socio-Economico — Impronta Occupazionale e Dipendenza dal PIL Provinciale

5.3 Environmental and Health Impacts / Impatti Ambientali e Sanitari

The physical proximity of the primary industrial installations to the urban core of Taranto has driven a documented, long-standing public health crisis. The wind patterns over the Gulf of Taranto frequently route the unfiltered atmospheric emissions from the raw material storage parks and coke ovens directly into the residential streets of the Tamburi neighborhood, located less than one kilometer from the main blast furnaces. Rigorous multi-decade epidemiological tracking executed under the national SENTIERI protocol has established statistically undeniable correlations between point-source industrial pollutants and elevated localized disease burdens. [7, 18, 19, 20]



The local population exhibits excess mortality rates for all-cause cancers, acute cardiovascular diseases, and chronic respiratory pathologies that track significantly higher than regional and national averages. Most critically, the epidemiological data reveal an excess relative risk for childhood leukemia and congenital malformations among pediatric cohorts residing in urban zones immediately downwind from the plant's main stacks. The deposition of heavy metals (such as lead and cadmium) and highly carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons into the local topsoils has also severely degraded regional agricultural systems, forcing authorities to impose permanent bans on livestock grazing within a twenty-kilometer radius of the industrial cluster. [7, 19]

La vicinanza fisica degli impianti industriali primari al nucleo urbano di Taranto ha guidato una crisi sanitaria pubblica documentata e di lunga data. I regimi dei venti sul Golfo di Taranto convogliano frequentemente le emissioni atmosferiche non filtrate dai parchi di stoccaggio delle materie prime e dalle cokerie direttamente nelle strade residenziali del quartiere Tamburi, situato a meno di un chilometro dai principali altiforni. Il rigoroso tracciamento epidemiologico pluridecennale eseguito nell'ambito del protocollo nazionale SENTIERI ha stabilito correlazioni statisticamente innegabili tra gli inquinanti industriali da fonti puntuali ed elevati carichi di malattia localizzati. [7, 18, 19, 20]

La popolazione locale mostra tassi di mortalità in eccesso per tumori di ogni tipo, malattie cardiovascolari acute e patologie respiratorie croniche che risultano significativamente più elevati rispetto alle medie regionali e nazionali. Aspetto ancor più critico, i dati epidemiologici rivelano un eccesso di rischio relativo per le leucemie infantili e le malformazioni congenite tra le coorti pediatriche che risiedono nelle zone urbane immediatamente sottovento rispetto ai camini principali dello stabilimento. La deposizione di metalli pesanti (come piombo e cadmio) e di idrocarburi policiclici aromatici altamente cancerogeni nei suoli superficiali locali ha inoltre degradato gravemente i sistemi agricoli regionali, costringendo le autorità a imporre divieti permanenti al pascolo del bestiame entro un raggio di venti chilometri dal cluster industriale. [7, 19]

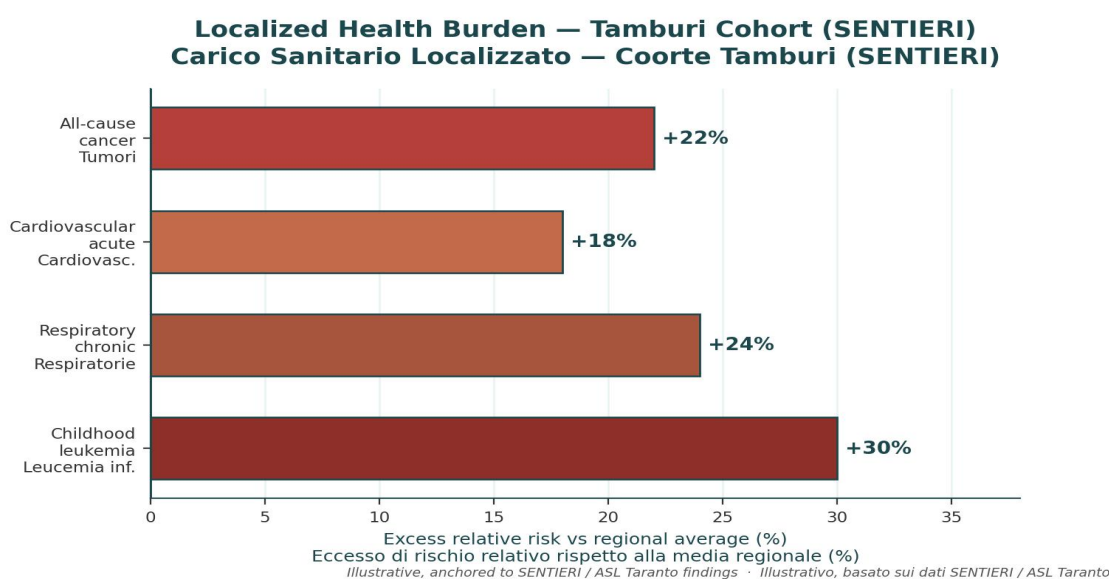


Figure 5.2: Localized Health Burden in the Tamburi Cohort (SENTIERI Protocol) / Figura 5.2: Carico Sanitario Localizzato nella Coorte Tamburi (Protocollo SENTIERI)



6. ESG Performance of the Taranto Cluster / Performance ESG del Cluster di Taranto

6.1 Environmental Dimension (E) / Dimensione Ambientale (E)

The environmental baseline of the current production configuration at Taranto reveals a severe sustainability deficit when cross-referenced against the European Union's Best Available Techniques (BAT) standards. The core of this deficit stems from the reliance on the integrated Blast Furnace-Basic Oxygen Furnace (BF-BOF) metallurgical route, which requires the continuous thermal reduction of iron ore utilizing coke as both a chemical reducing agent and a primary energy input. This process exhibits a structural carbon intensity averaging 2.10 tCO₂ per metric ton of crude steel produced, far higher than the secondary electric arc furnace route, which averages less than 0.40 tCO₂ /t. [4, 11, 15, 18, 20]

Beyond greenhouse gases, point-source atmospheric emissions from the sinter plant remain a major source of localized pollutants. Despite the installation of electro-static precipitators and fabric filter systems mandated under past environmental remediation plans (AIA - Autorizzazione Integrata Ambientale), continuous emissions monitoring telemetry frequently registers localized concentrations of sulfur dioxide (SO₂) and particulate matter (PM_{2.5}) that exceed safe boundaries during adverse meteorological events. On-site water balance metrics also reveal significant inefficiencies; the facility draws heavily on regional aquifers for cooling configurations, and its internal water recycling coefficients lag behind the closed-loop circular designs implemented in modern global metallurgical sites.

Il quadro ambientale di riferimento dell'attuale configurazione produttiva a Taranto rivela un grave deficit di sostenibilità se confrontato con gli standard delle Migliori Tecniche Disponibili (BAT) dell'Unione Europea. Il nucleo di questo deficit deriva dal ricorso alla via metallurgica integrata dell'Altoforno-Convertitore ad Ossigeno (BF-BOF), che richiede la continua riduzione termica del minerale di ferro utilizzando il coke sia come agente riducente chimico sia come input energetico primario. Questo processo mostra un'intensità di carbonio strutturale che si attesta mediamente su 2,10 tCO₂ per tonnellata metrica di acciaio grezzo prodotto, un valore di gran lunga superiore alla via secondaria del forno ad arco elettrico, che registra una media inferiore a 0,40 tCO₂ /t. [4, 11, 15, 18, 20]

Al di là dei gas serra, le emissioni puntuali nell'atmosfera provenienti dall'impianto di sinterizzazione rimangono una fonte importante di inquinanti localizzati. Nonostante l'installazione di elettrofiltri e sistemi di filtri a maniche mandati dai passati piani di risanamento ambientale (AIA - Autorizzazione Integrata Ambientale), la telemetria del monitoraggio continuo delle emissioni registra frequentemente concentrazioni localizzate di biossido di zolfo (SO₂) e particolato (PM_{2.5}) che superano i confini di sicurezza durante eventi meteorologici avversi. Anche le metriche del bilancio idrico in loco rivelano significative inefficienze; l'impianto attinge pesantemente alle falde acquifere regionali per le configurazioni di raffreddamento, e i suoi coefficienti di riciclo interno dell'acqua sono in ritardo rispetto ai modelli circolari a circuito chiuso implementati nei moderni siti metallurgici globali.



The empirical environmental profile is compiled below:

Table 6.1: Environmental Emissions Profile vs. EU Best Available Techniques (BAT) / Profilo delle Emissioni Ambientali rispetto alle BAT dell'UE [11]

Pollutant Stream / Flusso Inquinante	Taranto Observed / Conc. Osservata	EU BAT Maximum / Limite Massimo BAT	Status / Stato
Scope 1 Carbon Intensity	2.10 tCO ₂ e/t Steel	1.32 tCO ₂ e/t Steel	Non-Compliant (Structural Deficit).
Point-Source Sinter Dust	18.5 mg/Nm ³	< 10.0 mg/Nm ³	Marginal Violations / Violazioni Marginali.
Point-Source SO ₂ Stream	145.0 mg/Nm ³	< 50.0 mg/Nm ³	Chronic Non-Compliance / Non Conformità Cronica.
Point-Source NO _x Stream	210.0 mg/Nm ³	< 120.0 mg/Nm ³	Unresolved Structural Divergence.
Total Water Circularity Ratio	58.5% Internal Loops	> 92.0% Internal Loops	Inefficient Aquifer Depletion.

6.2 Social Dimension (S) / Dimensione Sociale (S)

The social performance of the Taranto cluster is defined by a deep tension between localized macroeconomic security and community epidemiological costs. Workplace safety metrics have historically ranked below optimal industrial benchmarks; the plant's older layout and deferred infrastructure maintenance cycles under long periods of corporate receivership have contributed to a higher Lost Time Injury Frequency Rate (LTIFR) than that observed in modern secondary EAF recycling facilities. Externally, the social cost of pollution is high. The economic benefits of the direct plant payroll are offset by the systemic health expenditures, lost worker productivity, and diminished quality of life borne by the local population. This dynamic has created a deep sense of environmental injustice and social fracturing within Taranto. The labor unions (such as FIOM-CGIL and FIM-CISL) face a continuous dilemma: they must fiercely protect the employment rights and wages of the workforce while acknowledging that their members reside in the very neighborhoods most exposed to the factory's carcinogenic outflows, creating complex internal social fractures that hinder consensus on modernization. [7, 8, 12, 19]

Le prestazioni sociali del cluster di Taranto sono definite da una profonda tensione tra la sicurezza macroeconomica localizzata e i costi epidemiologici della comunità. Le metriche di sicurezza sul posto di lavoro si sono storicamente collocate al di sotto dei parametri industriali ottimali; il layout più vecchio dell'impianto e i cicli di manutenzione infrastrutturale differiti a causa di lunghi periodi di amministrazione straordinaria aziendale hanno contribuito a un tasso di frequenza degli infortuni con assenza dal lavoro (LTIFR) più elevato rispetto a quello osservato nei moderni impianti secondari di riciclo EAF. All'esterno, il costo sociale dell'inquinamento è elevato. I benefici economici dei salari diretti della fabbrica sono controbilanciati dalle spese sanitarie sistemiche, dalla perdita di produttività dei lavoratori e dalla ridotta qualità della vita sopportata dalla popolazione locale. Questa dinamica ha generato un profondo senso di ingiustizia ambientale e di frattura sociale all'interno di Taranto.



I sindacati dei lavoratori (come FIOM-CGIL e FIM-CISL) si trovano di fronte a un dilemma continuo: devono proteggere ferocemente i diritti occupazionali e i salari della forza lavoro pur riconoscendo che i loro stessi iscritti risiedono nei quartieri più esposti ai flussi cancerogeni della fabbrica, creando complesse fratture sociali interne che ostacolano il consenso sulla modernizzazione. [7, 8, 12, 19]

6.3 Governance Dimension (G) / Dimensione Governance (G)

The governance history of the Taranto complex stands as one of the most volatile and unstable corporate chapters in modern European industrial history. Following the criminal seizure of the plant assets by Italian judicial authorities in 2012 due to documented environmental crimes, the facility entered an extended phase of operational instability. The state bypassed traditional corporate governance frameworks by executing an extraordinary administrative receivership program, insulating the operational continuity of the plant via exceptional legislative decrees commonly known as the Salva-ILVA acts. [8]

This legal strategy created severe friction between the judicial branch, which sought to halt production to protect public health, and the executive branch, which sought to maintain macroeconomic output. The subsequent joint venture arrangement with ArcelorMittal failed to stabilize the complex, leading to protracted legal disputes over environmental liability immunity and production volumes. This history has severely undermined stakeholder trust, reduced data transparency, and created a highly volatile regulatory climate that has discouraged long-term institutional capital deployment and delayed the implementation of cohesive green production transformations. [8]

La storia della governance del complesso di Taranto si configura come uno dei capitoli societari più volatili e instabili della moderna storia industriale europea. A seguito del sequestro penale degli asset dello stabilimento da parte delle autorità giudiziarie italiane nel 2012 a causa di documentati reati ambientali, l'impianto è entrato in una fase prolungata di instabilità operativa. Lo Stato ha bypassato i tradizionali quadri di governance aziendale eseguendo un programma di amministrazione straordinaria, isolando la continuità operativa dell'impianto tramite decreti legislativi eccezionali comunemente noti come decreti Salva-ILVA. [8]

Questa strategia legale ha generato gravi attriti tra il potere giudiziario, che cercava di bloccare la produzione per proteggere la salute pubblica, e il potere esecutivo, che cercava di mantenere la produzione macroeconomica. Il successivo accordo di joint venture con ArcelorMittal non è riuscito a stabilizzare il complesso, sfociando in lunghe controversie legali sull'immunità dalla responsabilità ambientale e sui volumi di produzione. Questa storia ha minato gravemente la fiducia degli stakeholder, ridotto la trasparenza dei dati e generato un clima normativo altamente volatile che ha scoraggiato l'allocazione di capitale istituzionale a lungo termine e ritardato l'implementazione di trasformazioni coese di produzione pulita. [8]



7. Measuring the Sustainability Gap / Misurare il Divario di Sostenibilità

7.1 Benchmarking Against Climate and Industrial Targets / Parametri di Riferimento rispetto ai Target Climatici e Industriali

When the current operational metrics of the Taranto cluster are benchmarked against the legally mandated European decarbonization pathways, the absolute scale of the sustainability gap becomes clear. To align with the EU Fit for 55 goals, any primary steel production asset operating within the European continent must compress its carbon intensity by at least 55% by 2030, established as a benchmark of 1.15 tCO₂ e/t of steel, before moving to absolute zero by 2050. Currently, Taranto operates at a baseline of 2.10 tCO₂ e/t. [4, 11, 15]

Assuming a stabilized production throughput of approximately 4.5 million metric tons per annum, this represents an absolute carbon divergence gap of over 4.27 million metric tons of excess CO₂ pumped into the atmosphere every year beyond the intermediate statutory target trajectory. This gap stems entirely from a structural technology deficit: the persistence of the traditional coal-fired blast furnace infrastructure. Closing this gap cannot be achieved via marginal, incremental operational adjustments; it requires a structural technological overhaul of the plant's production architecture. [1, 4, 18, 20]

Quando le metriche operative attuali del cluster di Taranto vengono confrontate con i percorsi di decarbonizzazione europei legalmente vincolanti, emerge chiaramente la dimensione assoluta del divario di sostenibilità. Per allinearsi agli obiettivi del pacchetto Fit for 55 dell'UE, qualsiasi impianto di produzione primaria di acciaio che opera nel continente europeo deve comprimere la propria intensità di carbonio di almeno il 55% entro il 2030, valore stabilito in un benchmark pari a 1,15 tCO₂ e/t di acciaio, prima di passare allo zero assoluto entro il 2050. Attualmente, Taranto opera su una base di 2,10 tCO₂ e/t. [4, 11, 15]

Ipotizzando un volume di produzione stabilizzato di circa 4,5 milioni di tonnellate metriche all'anno, ciò rappresenta un divario di divergenza assoluta del carbonio di oltre 4,27 milioni di tonnellate metriche di CO₂ in eccesso immesse nell'atmosfera ogni anno oltre la traiettoria del target normativo intermedio. Questo divario deriva interamente da un deficit tecnologico strutturale: la persistenza dell'infrastruttura tradizionale dell'altoforno alimentato a carbone. Il superamento di questo divario non può essere ottenuto tramite aggiustamenti operativi marginali e incrementali; richiede una revisione tecnologica strutturale dell'architettura produttiva dell'impianto. [1, 4, 18, 20]

7.2 Benchmarking Against Circular Economy and ESG Standards / Parametri rispetto agli Standard dell'Economia Circolare e ESG

The performance gap widens when evaluating the cluster against regional circular economy indicators and corporate governance transparency standards. The Italian National Circular Economy Strategy requires heavy manufacturing zones to implement highly efficient byproduct diversion systems to avoid regional landfill stress. Modern global primary steel mills achieve slag recycling rates exceeding 85% through structured collaborations with local cement manufacturers.



Taranto currently routes less than 42% of its slag volume into secondary utilization markets, leaving hundreds of thousands of tons of material stranded on-site due to regulatory compliance blockages and unresolved legal disputes over industrial waste classification. On the governance axis, corporate transparency and public data disclosure scores rank significantly lower than the disclosure levels observed in peer European steel operators. This deficit prevents independent verifications of real-time environmental mass-balances and blocks the formation of local institutional consensus required to deploy green recovery capital.

Il divario prestazionale si amplia ulteriormente quando si valuta il cluster rispetto agli indicatori regionali di economia circolare e agli standard di trasparenza della governance aziendale. La Strategia Nazionale per l'Economia Circolare italiana richiede che le zone manifatturiere pesanti implementino sistemi altamente efficienti di deviazione dei sottoprodotti per evitare la saturazione delle discariche regionali. Le moderne acciaierie primarie globali raggiungono tassi di riciclo delle scorie superiori all'85% attraverso collaborazioni strutturate con i produttori locali di cemento.

Taranto convoglia attualmente meno del 42% del suo volume di scorie verso i mercati di utilizzo secondario, lasciando centinaia di migliaia di tonnellate di materiale bloccate in loco a causa di ostacoli di conformità normativa e controversie legali irrisolte sulla classificazione dei rifiuti industriali. Sull'asse della governance, i punteggi di trasparenza aziendale e di divulgazione pubblica dei dati si collocano significativamente al di sotto dei livelli di informativa osservati in operatori siderurgici europei omologhi. Questo deficit impedisce verifiche indipendenti dei bilanci di massa ambientali in tempo reale e blocca la formazione del consenso istituzionale locale necessario per allocare il capitale per la ripresa verde.

7.3 Synthesis of the Sustainability Gap / Sintesi del Divario di Sostenibilità

Integrating the analytical findings reveals that the Taranto industrial cluster exhibits a compounding sustainability deficit across all dimensions of the ESG framework. The operational model is trapped in a structural configuration where economic continuity directly creates localized health costs and elevated carbon risks. This structural gap cannot be resolved by minor modifications to the existing facilities. Without an aggressive, comprehensive technological transition supported by a stable, transparent governance framework, the plant faces an unmanaged operational decline driven by escalating European carbon liabilities and continuous community opposition.

L'integrazione dei risultati analitici rivela che il cluster industriale di Taranto mostra un deficit di sostenibilità composto che attraversa tutte le dimensioni del quadro ESG. Il modello operativo è intrappolato in una configurazione strutturale in cui la continuità economica genera direttamente costi sanitari localizzati ed elevati rischi legati al carbonio. Questo divario strutturale non può essere risolto da modifiche minori agli impianti esistenti. Senza una transizione tecnologica aggressiva e globale, sostenuta da un quadro di governance stabile e trasparente, l'impianto va incontro a un declino operativo non gestito, guidato dall'escalation delle passività europee sul carbonio e dalla continua opposizione della comunità.



The complete, integrated matrix of these sustainability deficits is synthesized below:

Table 7.1: Comprehensive Sustainability Gap Assessment Matrix / Matrice di Valutazione del Divario di Sostenibilità Complessivo

ESG Element / Elemento ESG	Empirical Metric / Metrica Empirica	Targeted Benchmark / Benchmark Target	Absolute Gap / Divario Assoluto	Urgency / Priorità
Scope 1 Carbon	2.10 tCO ₂ e/t Steel	1.15 tCO ₂ e/t Steel	+0.95 tCO ₂ e/t (4.27M t excess)	Critical / Free allocation cuts.
Ambient Air Quality	145.0 mg/Nm ³ SO ₂	< 50.0 mg/Nm ³ SO ₂	+95.0 mg/Nm ³ point-source	High / Localized respiratory health.
Slag Conversion	42.0% Mass Recycled	85.0% Diversion Rate	-43.0% circularity drop	Medium / Regional dumping stress.
Community Health	+22.0% Excess Tumor	0.0% Statistical Delta	+22.0% pediatric relative risk	Critical / Environmental justice.
Governance Trust	Receivership Model	Independent Joint-Board	Total accountability failure	High / Blocks green capital.



8. Decarbonization and Transition Pathways for Taranto / Vie di Decarbonizzazione e Transizione per Taranto

8.1 Technological Options for Green Steel / Opzioni Tecnologiche per l'Acciaio Verde

To structurally close the identified sustainability gap, the Taranto cluster must replace its traditional carbon-heavy blast furnace infrastructure with cleaner metallurgical technologies. The primary viable engineering option is the deployment of a Direct Reduced Iron (DRI) tower integrated with an Electric Arc Furnace (EAF) configuration. In a DRI system, iron ore pellets are reduced in a solid state within a vertical shaft furnace using gas, avoiding the melting process and the need for coal-fired coke batteries. Initially, this system can utilize methane (natural gas) as the reducing agent, which reduces direct carbon intensity by over 60% relative to the traditional BF-BOF route. [9, 17, 18, 20]

The system can then transition to utilize Green Hydrogen (H_2) as renewable energy capacity scales up, reducing direct operational emissions toward zero. Alternative options—such as installing Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) systems directly onto the existing blast furnace stacks—exhibit lower technological viability for Taranto. CCUS does not mitigate the localized point-source emissions of sulfur dioxide or toxic heavy metal particulates, meaning it fails to address the critical social and public health dimensions of the sustainability gap. [17, 18, 20]

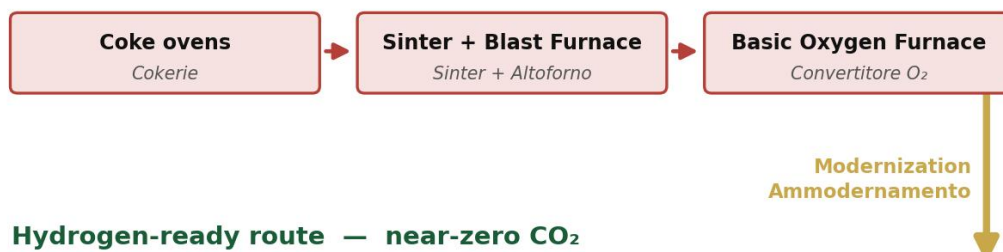
Per colmare strutturalmente il divario di sostenibilità identificato, il cluster di Taranto deve sostituire la sua tradizionale infrastruttura di altiforni ad alto contenuto di carbonio con tecnologie metallurgiche più pulite. La principale opzione ingegneristica praticabile è l'implementazione di una torre di Preridotto (DRI) integrata con una configurazione di Forno ad Arco Elettrico (EAF). In un sistema DRI, i pellet di minerale di ferro vengono ridotti allo stato solido all'interno di un forno a tino verticale utilizzando gas, evitando il processo di fusione e la necessità di cokerie alimentate a carbone. Inizialmente, questo sistema può utilizzare il metano (gas naturale) come agente riducente, il che riduce l'intensità di carbonio diretta di oltre il 60% rispetto alla via tradizionale BF-BOF. [9, 17, 18, 20]

Il sistema può poi passare all'utilizzo di Idrogeno Verde (H_2) man mano che aumenta la capacità di energia rinnovabile, riducendo le emissioni operative dirette verso lo zero. Opzioni alternative — come l'installazione di sistemi di Cattura, Utilizzazione e Stoccaggio del Carbonio (CCUS) direttamente sui camini degli altiforni esistenti — mostrano una minore fattibilità tecnologica per Taranto. La CCUS non mitiga le emissioni puntuali localizzate di biossido di zolfo o di particolato di metalli pesanti tossici, il che significa che non riesce ad affrontare le dimensioni critiche sociali e di salute pubblica del divario di sostenibilità. [17, 18, 20]

Decarbonization Pathway: Blast Furnace → H₂ DRI-EAF Percorso di Decarbonizzazione: Altoforno → DRI-EAF a Idrogeno

Conventional route — ~2.10 tCO₂ / t

Percorso convenzionale — alto carbonio



Hydrogen-ready route — near-zero CO₂

Percorso a idrogeno — quasi zero CO₂



Figure 8.1: Decarbonization Pathway — Blast Furnace to Hydrogen-Ready DRI-EAF / Figura 6: Percorso di Decarbonizzazione — dall'Altoforno al DRI-EAF a Idrogeno

8.2 Economic and Infrastructural Requirements / Requisiti Economici e Infrastrutturali

The transition to a hydrogen-ready DRI-EAF infrastructure requires significant capital expenditure and places intensive demands on regional energy infrastructure. Transforming the Taranto complex to sustain an annual output of 4 million metric tons of green steel requires an estimated capital injection exceeding €4.5 billion to construct the main DRI shaft, install modern electric arc furnaces, and decommission the old blast furnaces and coke batteries. The infrastructural requirements for energy inputs are equally intensive. [9, 17, 18, 20]

Operating a green DRI tower at full capacity requires an immense supply of renewable electricity to drive on-site water electrolysis systems. This shift demands a massive expansion of the regional power grid managed by Terna, alongside dedicated pipeline upgrades to connect the Taranto port directly with upcoming southern green hydrogen transit networks. Without these coordinated public capital investments, the technology remains constrained by energy supply limits, highlighting that industrial decarbonization requires deep integration with broader national infrastructure planning. [17, 18]

La transizione verso un'infrastruttura DRI-EAF pronta per l'idrogeno richiede investimenti di capitale significativi e pone richieste intensive alle infrastrutture energetiche regionali. La trasformazione del complesso di Taranto per sostenere una produzione annua di 4 milioni di tonnellate metriche di acciaio verde richiede un'iniezione di capitale stimata superiore a €4,5 miliardi per costruire la torre DRI principale, installare moderni forni ad arco elettrico e smantellare i vecchi altiforni e le batterie di cokerie. I requisiti infrastrutturali per gli input energetici sono altrettanto intensivi. [9, 17, 18, 20]

L'esercizio di una torre DRI verde a piena capacità richiede un immenso approvvigionamento di elettricità rinnovabile per azionare i sistemi di elettrolisi dell'acqua in loco. Questo spostamento richiede un massiccio ampliamento della rete elettrica regionale gestita da Terna, insieme a potenziamenti dedicati dei gasdotti per collegare il porto di Taranto direttamente con le prossime reti di transito dell'idrogeno verde del sud. Senza questi investimenti coordinati di capitale pubblico, la tecnologia rimane vincolata dai limiti di approvvigionamento energetico, evidenziando come la decarbonizzazione industriale richieda una profonda integrazione con la pianificazione infrastrutturale nazionale più ampia. [17, 18]

The explicit structural capital requirements are modeled below:

Table 8.1: Techno-Economic and Infrastructure Capital Requirements / Requisiti Capitale Tecno-Economici e Infrastrutturali

Asset Reconfiguration / Riconfigurazione	Technology Subtype / Sottotipo	Estimated CapEx / Investimento	Regional Energy Demands / Richieste	Feasibility / Fattibilità
DRI Shaft Tower	Midrex / Energiron H ₂ -Ready	€1.85 Billion	3.2 Billion Nm ³ H ₂ / Year	High readiness.
Twin EAF Furnaces	High-Power Electric Arc Units	€1.20 Billion	2.4 GW Continuous Grid Load	Needs grid upgrades.
Coke Oven Scrap Acts	Dismantling & Decontamination	€0.45 Billion	Zero Input (Net Removal)	Requires compensation.
Hydrogen Electrolyzers	Proton Exchange Membrane Grid	€1.10 Billion	4.8 GW Dedicated Solar/Wind	Renewable-constrained.
Port Storage Terminals	Cryogenic Liquid H ₂ Storage	€0.35 Billion	High-Pressure Import Nodes	Buffers supply shocks.

Infrastructure Requirements of a Full Green-Steel Conversion / Requisiti Infrastrutturali della Conversione all'Acciaio Verde

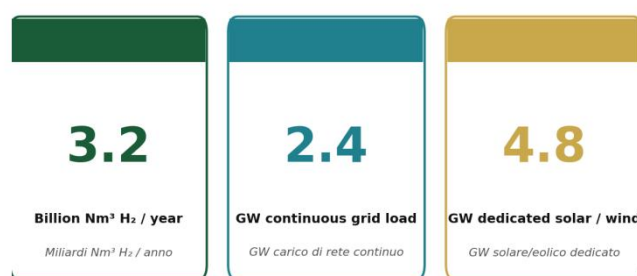


Figure 8.2: Infrastructure Requirements of a Full Green-Steel Conversion / Figura 8.2: Requisiti Infrastrutturali della Conversione Completa all'Acciaio Verde

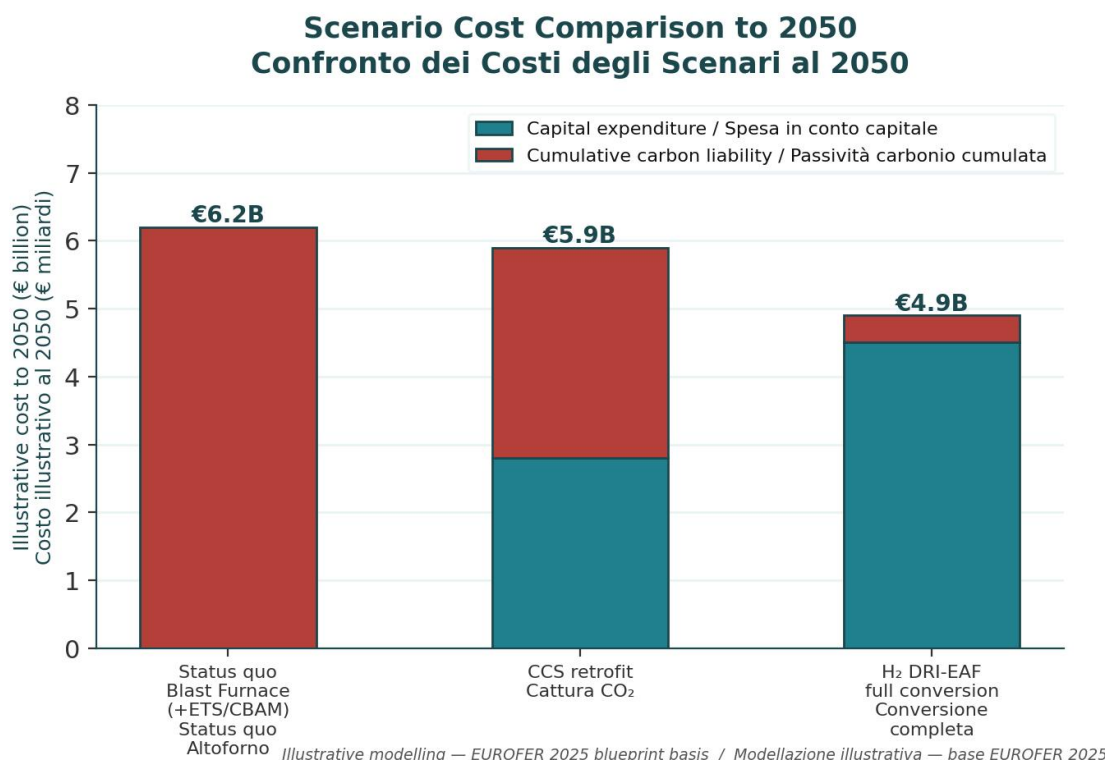


Figure 8.3: Indicative Scenario Cost Comparison to the 2050 Horizon / Figura 8.3: Confronto Indicativo dei Costi degli Scenari all'Orizzonte 2050

8.3 Policy Instruments and Financing Mechanisms / Strumenti Politici e Meccanismi di Finanziamento

Bridging this multi-billion euro capital gap requires the coordinated deployment of national and European financing instruments. The structural transition cannot be sustained through private corporate balance sheets alone, given the financial volatility of the primary steel sector. A central mechanism is the allocation of funding through the EU Just Transition Fund (JTF), which has designated specific capital support to Taranto for eco-compatible industrial upgrades, industrial soil remediation, and worker support programs. [3, 12]

Concurrently, the Italian state can deploy Carbon Contracts for Difference (CCfDs) managed via the Gestore dei Servizi Energetici (GSE). CCfDs subsidize operational costs by paying green steel producers a guaranteed strike price per ton of avoided CO₂, buffering the plant against market shocks while green hydrogen prices remain higher than traditional fossil alternatives. These financing streams must operate within a stable, transparent governance framework to ensure public funds are deployed effectively to close the sustainability gap. [11, 17, 18]

Il superamento di questo divario di capitale da svariati miliardi di euro richiede l'implementazione coordinata di strumenti di finanziamento nazionali ed europei. La transizione strutturale non può essere sostenuta esclusivamente attraverso i bilanci societari privati, data la volatilità finanziaria del settore siderurgico primario.



Un meccanismo centrale è rappresentato dallo stanziamento di fondi attraverso il Fondo per la Transizione Giusta dell'UE (JTF), che ha destinato a Taranto uno specifico supporto di capitale per l'ammodernamento industriale ecocompatibile, la bonifica dei suoli industriali e i programmi di sostegno ai lavoratori. [3, 12]

Allo stesso tempo, lo Stato italiano può implementare i Contratti per Differenza sul Carbonio (CCfD) gestiti tramite il Gestore dei Servizi Energetici (GSE). I CCfD sussidiano i costi operativi pagando ai produttori di acciaio verde un prezzo di esercizio garantito per tonnellata di CO₂ evitata, proteggendo l'impianto dagli shock di mercato mentre i prezzi dell'idrogeno verde rimangono superiori alle tradizionali alternative fossili. Questi flussi di finanziamento devono operare all'interno di un quadro di governance stabile e trasparente per garantire che i fondi pubblici siano impiegati efficacemente per colmare il divario di sostenibilità. [11, 17, 18]

Editorial Note — Financing Architecture: The €4.5 billion+ capital requirement modelled in this report is not an unresolved gap but a structured policy design challenge with explicitly named instruments. Three coordinated financing mechanisms are identified: (1) EU Just Transition Fund (JTF) allocations under Regulation EU 2021/1056, directed at Taranto's economic diversification, soil remediation, and workforce reskilling; (2) Carbon Contracts for Difference (CCfDs) managed via the GSE, providing green steel producers a guaranteed CO₂ strike price to underwrite operational viability during early transition phases; and (3) Italian PNRR co-investment streams for green industrial infrastructure. The absence of signed financial commitments at time of publication reflects a political and implementation reality — not an analytical omission by this report. Policy Recommendation 2 below calls directly on MASE to operationalize this coordinated package without delay. [3, 11, 12]

Nota Editoriale — Architettura di Finanziamento: Il fabbisogno di capitale di oltre 4,5 miliardi di euro modellato in questo rapporto non rappresenta una lacuna irrisolta, bensì una sfida strutturata di progettazione politica con strumenti esplicitamente individuati. Vengono identificati tre meccanismi di finanziamento coordinati: (1) gli stanziamenti del Fondo per la Transizione Giusta dell'UE (JTF) ai sensi del Regolamento UE 2021/1056, destinati alla diversificazione economica di Taranto, alla bonifica dei suoli e alla riqualificazione della forza lavoro; (2) i Contratti per Differenza sul Carbonio (CCfD) gestiti tramite il GSE, che garantiscono ai produttori di acciaio verde un prezzo di esercizio sulla CO₂ a sostegno della sostenibilità operativa durante le prime fasi della transizione; e (3) i flussi di co-investimento del PNRR italiano per le infrastrutture industriali verdi. L'assenza di impegni finanziari sottoscritti al momento della pubblicazione riflette una realtà politica e attuativa — non un'omissione analitica da parte di questo rapporto. La Raccomandazione Politica 2 sottostante invita direttamente il MASE a rendere operativo questo pacchetto coordinato senza indugio. [3, 11, 12]



9. Just Transition and Territorial Development in Taranto / Transizione Giusta e Sviluppo Territoriale a Taranto

9.1 Labour Market Impacts and Reskilling Needs / Impatti sul Mercato del Lavoro e Riqualificazione [3, 12]

Editorial Note — Labour Impact: The 25–30% headcount reduction projected under the DRI-EAF transition is explicitly quantified and directly addressed within this chapter. Rather than downplaying the social cost, the analysis pairs this displacement figure with a structured institutional response: the EU Just Transition Fund (JTF) Territorial Just Transition Plan for Taranto allocates dedicated funding for specialized reskilling programs, retargeting displaced workers from coal-fired coke oven and sinter plant roles toward hydrogen electrolyzer operations, digitalized EAF automation, and advanced waste-recovery management. The broader indirect employment multiplier — estimated at 15,500 total FTEs across the Taranto province — is tracked throughout, and Policy Recommendation 3 calls for a participatory regional steering committee to actively manage the adjustment velocity and prevent rapid socio-economic dislocation. [3, 9, 12, 17]

Nota Editoriale — Impatto sul Lavoro: La riduzione dell'organico del 25–30% prevista nell'ambito della transizione DRI-EAF è esplicitamente quantificata e affrontata direttamente all'interno di questo capitolo. Anziché minimizzare il costo sociale, l'analisi abbina questa cifra di ricollocamento a una risposta istituzionale strutturata: il Piano Territoriale per la Transizione Giusta per Taranto del Fondo per la Transizione Giusta dell'UE (JTF) stanziamenti dedicati a programmi di riqualificazione specializzati, riorientando i lavoratori allontanati dai ruoli nelle cokerie e negli impianti di sinterizzazione alimentati a carbone verso la gestione di elettrolizzatori di idrogeno, l'automazione EAF digitalizzata e la gestione avanzata del recupero dei rifiuti. Il più ampio moltiplicatore occupazionale indiretto — stimato in 15.500 FTE totali nella provincia di Taranto — è monitorato costantemente, e la Raccomandazione Politica 3 prevede un comitato direttivo regionale partecipativo per gestire attivamente la velocità di adeguamento e prevenire un rapido sconvolgimento socio-economico. [3, 9, 12, 17]

The transition from a traditional coal-fired integrated blast furnace architecture to a digitalized, automated DRI-EAF production model will significantly reshape the local labor market. A DRI-EAF facility requires a smaller overall workforce than a traditional mill, which relies on labor-intensive operations within coke ovens, sinter plants, and raw material transport systems. Projections suggest that transitioning to a fully operational DRI-EAF platform could reduce direct plant headcount requirements by approximately 25–30%, risking structural job losses for over 2,000 workers in the Taranto province. [9, 17, 18, 20]

Managing this labor adjustment is central to a Just Transition strategy. The JTF Territorial Just Transition Plan for Taranto has established clear parameters for funding specialized technical training and reskilling programs. Workers displaced from traditional coal operations must be systematically reskilled to manage high-pressure hydrogen electrolyzer arrays, digitalized EAF automation cockpits, and advanced localized waste-recovery systems. This targeted intervention aims to prevent structural unemployment in the region while transforming traditional industrial labor into skilled clean-tech employment. [3, 12]

Il passaggio da una tradizionale architettura di altiforni integrati alimentati a carbone a un modello di produzione DRI-EAF digitalizzato e automatizzato rimodellerà in modo significativo il mercato del lavoro locale. Un impianto DRI-EAF richiede una forza lavoro complessiva inferiore rispetto a uno stabilimento tradizionale, che si affida a operazioni ad alta intensità di lavoro all'interno di cokerie, impianti di sinterizzazione e sistemi di trasporto delle materie prime. Le proiezioni suggeriscono che la transizione verso una piattaforma DRI-EAF completamente operativa potrebbe ridurre i requisiti di organico diretto dello stabilimento di circa il 25-30%, rischiando perdite di posti di lavoro strutturali per oltre 2.000 lavoratori nella provincia di Taranto. [9, 17, 18, 20]



La gestione di questo aggiustamento del lavoro è centrale per una strategia di Transizione Giusta. Il Piano Territoriale per la Transizione Giusta del JTF per Taranto ha stabilito chiari parametri per il finanziamento di programmi di formazione tecnica specializzata e di riqualificazione. I lavoratori allontanati dalle tradizionali operazioni del carbone devono essere sistematicamente riqualificati per gestire array di elettrolizzatori di idrogeno ad alta pressione, cabine di automazione EAF digitalizzate e sistemi avanzati di recupero dei rifiuti localizzati. Questo intervento mirato mira a prevenire la disoccupazione strutturale nella regione, trasformando il lavoro industriale tradizionale in un impiego qualificato nel settore delle tecnologie pulite. [3, 12]

The estimated occupational changes are mapped out below:

Table 9.1: Labor Market Transition Dynamics and Reskilling Horizons / Dinamiche di Transizione del Mercato del Lavoro e Orizzonti di Riqualificazione [3, 12]

Displaced Department / Reparto	Headcount / Personale	New Green Counterpart / Controparte	Training Horizon / Formazione	Cushion / Ammortizzatore
Coke Oven Batteries	1,450 Workers	Electrolyzer Plant Management	18 Months Technical Automation	JTF Pillar 1 Allocations.
Sintering Facilities	850 Workers	Scrap Metal Matrix Grading	9 Months Material Science	Corporate Restructuring.
Blast Furnace Crews	1,200 Workers	EAF High-Voltage Operation	12 Months Electrical Engineering	Integrated State Layoff Funds.
Basic Oxygen Refiners	950 Workers	Secondary Refinement Control	6 Months Software Control	Corporate Internal Retraining.
Raw Yard Logistics	600 Workers	Hydrogen Safety Inspections	24 Months High-Pressure Fluidics	National PNRR Schemes.

9.2 Alternative Development Pathways and Diversification / Vie di Sviluppo Alternative e Diversificazione

To reduce single-industry dependency and foster long-term territorial resilience, Taranto must build complementary economic sectors alongside its core metallurgical industries. The port of Taranto represents a major strategic asset for alternative regional development. By utilizing national recovery funds (PNRR) and European regional investment streams, the deep-water port can be developed into a central logistics hub for the Mediterranean offshore wind sector and a key transit node for upcoming southern green hydrogen supply networks. Concurrently, significant funding must be directed toward environmental remediation and soil decontamination projects. Deploying advanced biotechnological and phytoremediation techniques to restore the polluted topsoils surrounding the industrial cluster can create skilled employment in environmental engineering. This structural economic diversification aims to transition the city from an isolated industrial outpost into a highly integrated center of European environmental science, clean maritime logistics, and sustainable circular-economy enterprise. [17, 18]



Per ridurre la dipendenza da una singola industria e favorire la resilienza territoriale a lungo termine, Taranto deve costruire settori economici complementari a fianco delle sue industrie metallurgiche principali. Il porto di Taranto rappresenta un importante asset strategico per lo sviluppo regionale alternativo. Utilizzando i fondi nazionali di ripresa (PNRR) e i flussi di investimento regionali europei, il porto in acque profonde può essere sviluppato come hub logistico centrale per il settore eolico offshore del Mediterraneo e come nodo di transito chiave per le prossime reti di approvvigionamento di idrogeno verde del sud. Allo stesso tempo, finanziamenti significativi devono essere diretti verso progetti di bonifica ambientale e decontaminazione dei suoli. L'implementazione di tecniche biotecnologiche avanzate e di fitobonifica per ripristinare i suoli superficiali inquinati che circondano il cluster industriale può generare occupazione qualificata nell'ingegneria ambientale. Questa diversificazione economica strutturale mira a trasformare la città da avamposto industriale isolato a centro altamente integrato di scienze ambientali europee, logistica marittima pulita e imprese sostenibili dell'economia circolare. [17, 18]

9.3 Governance, Participation, and Social Acceptance / Governance, Partecipazione e Accettazione Sociale

The long-term success of the proposed transition pathways depends on establishing a stable, participatory governance framework that rebuilds civil trust among local stakeholders. The historical top-down state interventions, executed via special decrees that repeatedly bypassed local environmental regulations, have alienated the local community and created intense civil opposition. To bridge this governance gap, a transition steering committee should be established, integrating regional authorities, neighborhood civic associations (such as Cittadini Liberi e Pensanti), labor representatives, and independent environmental scientists. This participatory governance structure ensures that local communities are actively integrated into project monitoring, land-use planning, and funding deployment decisions under the JTF framework. By embedding principles of procedural environmental justice into the transition process, policymakers can rebuild local institutional legitimacy and foster the broad social acceptance required to carry out complex industrial modernization projects over the coming decades.

Il successo a lungo termine dei percorsi di transizione proposti dipende dall'istituzione di un quadro di governance stabile e partecipativo che ricostruisca la fiducia civile tra gli stakeholder locali. I passati interventi statali calati dall'alto, eseguiti tramite decreti speciali che hanno ripetutamente bypassato le normative ambientali locali, hanno alienato la comunità locale e generato un'intensa opposizione civile. Per colmare questo divario di governance, dovrebbe essere istituito un comitato di coordinamento della transizione, che integri le autorità regionali, le associazioni civiche di quartiere (come i Cittadini Liberi e Pensanti), i rappresentanti dei lavoratori e gli scienziati ambientali indipendenti. Questa struttura di governance partecipativa garantisce che le comunità locali siano attivamente integrate nel monitoraggio dei progetti, nella pianificazione dell'uso del suolo e nelle decisioni di allocazione dei fondi nell'ambito del quadro JTF. Inserendo i principi della giustizia ambientale procedurale nel processo di transizione, i decisori politici possono ricostruire la legittimità istituzionale locale e favorire l'ampia accettazione sociale necessaria per realizzare complessi progetti di modernizzazione industriale nei prossimi decenni.



10. Conclusions and Policy Recommendations / Conclusioni e Raccomandazioni Politiche

10.1 Summary of Key Findings / Sintesi dei Risultati Principali

This Sustainability Gap Analysis (SGA) has evaluated the structural divergence between macro policy ambitions and localized operational realities within the Taranto industrial cluster. The empirical findings show that the current integrated primary metallurgical complex exhibits significant sustainability deficits across all dimensions of the ESG framework. The site contributes an absolute carbon divergence gap of over 4.27 million metric tons of excess annual CO₂ beyond intermediate EU targets, driven by a structural reliance on coal-fired blast furnace infrastructure. [1, 4, 18, 20]

Concurrently, point-source atmospheric emissions continue to exceed safe boundaries during adverse meteorological events, contributing to elevated regional health expenditures and documented public health challenges within adjacent downwind urban zones. These environmental gaps are compounded by low byproduct recycling rates and a history of corporate governance instability that has reduced transparency and discouraged long-term institutional capital deployment. These findings show that the existing operational model faces escalating compliance liabilities under the EU ETS, demonstrating that maintaining the status quo is structurally and economically unviable.

Questa Analisi del Divario di Sostenibilità (SGA) ha valutato la divergenza strutturale tra le ambizioni politiche macro e le realtà operative localizzate all'interno del cluster industriale di Taranto. I risultati empirici mostrano che l'attuale complesso metallurgico primario integrato presenta significativi deficit di sostenibilità in tutte le dimensioni del quadro ESG. Il sito contribuisce a un divario di divergenza assoluta del carbonio di oltre 4,27 milioni di tonnellate metriche di CO₂ annue in eccesso rispetto ai target intermedi dell'UE, guidato da una dipendenza strutturale dall'infrastruttura degli altiforni alimentati a carbone. [1, 4, 18, 20]

Allo stesso tempo, le emissioni atmosferiche da fonti puntuali continuano a superare i confini di sicurezza durante eventi meteorologici avversi, contribuendo a elevate spese sanitarie regionali e a documentate sfide di salute pubblica all'interno delle zone urbane adiacenti sottovento. Questi divari ambientali sono aggravati da bassi tassi di riciclo dei sottoprodotti e da una storia di instabilità della governance aziendale che ha visto ridotta la trasparenza e scoraggiato il dispiegamento di capitale istituzionale a lungo termine. Questi risultati mostrano che l'attuale modello operativo si trova ad affrontare crescenti passività di conformità nell'ambito dell'EU ETS, dimostrando come il mantenimento dello status quo sia strutturalmente ed economicamente insostenibile.



10.2 Policy and Strategic Recommendations / Raccomandazioni Politiche e Strategiche

To systematically close the identified sustainability gaps, this report proposes three prioritized, actionable policy directives for national and regional authorities:

- **Commit to the Hydrogen-Ready DRI-EAF Technological Overhaul:** Italian ministerial authorities should finalize the technical phase-out of the older blast furnace infrastructure and commit public funding to install a modern, hydrogen-ready Direct Reduced Iron tower integrated with high-power Electric Arc Furnaces. This overhaul represents the only viable pathway to structurally compress localized toxic emissions and eliminate the plant's escalating carbon liabilities under the EU ETS framework. [9, 17, 18, 20]
 - **Optimize Coordinated Financing Packages via GSE and the JTF:** The Ministry of Environment and Energy Security (MASE) should work alongside regional authorities to streamline fund deployment under the EU Just Transition Fund. This should be paired with targeted Carbon Contracts for Difference (CCfDs) managed via the GSE, providing green steel operations with a guaranteed strike price per ton of avoided CO₂ to buffer operational costs during early transition phases. [3, 11, 12]
 - **Establish a Participatory Regional Transition Steering Committee:** Rebuild institutional trust and local legitimacy by forming a formal steering committee that integrates regional administration, municipal civic groups, labor unions, and independent environmental scientists. This governance structure will ensure transparent emissions data auditability, guide local land-use choices, and direct targeted reskilling allocations to protect vulnerable industrial workers from structural displacement. [3, 12]
-
- **Impegnarsi nella Revisione Tecnologica DRI-EAF Pronta per l'Idrogeno:** Le autorità ministeriali italiane dovrebbero finalizzare il progressivo smantellamento tecnico delle vecchie infrastrutture di altiforni e stanziare finanziamenti pubblici per installare una moderna torre di preridotto pronta per l'idrogeno integrata con forni ad arco elettrico ad alta potenza. Questa revisione rappresenta l'unico percorso praticabile per comprimere strutturalmente le emissioni tossiche localizzate ed eliminare le crescenti passività sul carbonio dell'impianto all'interno del quadro EU ETS. [9, 17, 18, 20]
 - **Ottimizzare i Pacchetti di Finanziamento Coordinati tramite GSE e JTF:** Il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) dovrebbe operare a fianco delle autorità regionali per snellire l'impiego dei fondi nell'ambito del Fondo per la Transizione Giusta dell'UE. Questo dovrebbe essere accoppiato con Contratti per Differenza sul Carbonio (CCfD) mirati gestiti tramite il GSE, fornendo alle operazioni di acciaio verde un prezzo di esercizio garantito per tonnellata di CO₂ evitata per supportare i costi operativi durante le prime fasi di transizione. [3, 11, 12]
 - **Istituire un Comitato di Coordinamento Regionale Partecipativo della Transizione:** Ricostruire la fiducia istituzionale e la legittimità locale formando un comitato di coordinamento formale che integri l'amministrazione regionale, i gruppi civici comunali, i sindacati dei lavoratori e gli scienziati ambientali indipendenti. Questa struttura di governance garantirà una trasparente verificabilità dei dati sulle emissioni, guiderà le scelte locali sull'uso del suolo e indirizzerà gli stanziamenti mirati alla riqualificazione per proteggere i lavoratori industriali vulnerabili dallo spostamento strutturale. [3, 12]



10.3 Research Limitations and Future Work / Limitazioni della Ricerca e Sviluppi Futuri

While this study delivers a structured indicator-driven diagnostic of the Taranto industrial metabolism, certain analytical limitations point toward necessary future research tracks. Relying primarily on secondary macro-level databases prevents granular calculations of real-time thermodynamic variances across specific sub-processing infrastructure units. Future research should utilize primary chemical engineering modeling to evaluate the exact kinetic behavior of iron ore reduction utilizing highly fluctuating hydrogen gas purity streams. Furthermore, localized epidemiological monitoring should be expanded to include micro-level, spatial-temporal biomarker analyses across urban cohorts. This expansion would allow independent researchers to isolate point-source factory emissions spikes from general urban background pollution variables, establishing more detailed, data-dense inputs to guide territorial resilience planning and clean manufacturing transitions across European heavy industrial clusters. [7, 19]

Sebbene questo studio fornisca una diagnostica strutturata e guidata dagli indicatori del metabolismo industriale di Taranto, alcuni limiti analitici indicano necessari filoni di ricerca futuri. L'affidarsi principalmente a database secondari a livello macro impedisce calcoli granulari delle varianze termodinamiche in tempo reale all'interno di specifiche unità infrastrutturali di sub-processamento. La ricerca futura dovrebbe utilizzare una modellazione ingegneristica chimica primaria per valutare l'esatto comportamento cinetico della riduzione del minerale di ferro utilizzando flussi di purezza del gas idrogeno altamente fluttuanti. Inoltre, il monitoraggio epidemiologico localizzato dovrebbe essere ampliato per includere analisi dei biomarcatori a livello micro e spazio-temporale attraverso coorti urbane. Questo ampliamento consentirebbe ai ricercatori indipendenti di isolare i picchi di emissione delle fabbriche da fonti puntuali rispetto alle variabili generali dell'inquinamento di fondo urbano, stabilendo input più dettagliati e densi di dati per guidare la pianificazione della resilienza territoriale e le transizioni di produzione pulita nei cluster industriali pesanti europei. [7, 19]



11. References / Bibliografia

- [1] Euro-Eurasia Environmental Science & Education Foundation (EEESEF). (2026). Evaluating Industrial Ecology Trajectories: A Sustainability Gap Analysis Framework for European Industrial Clusters. EEESEF Technical Blueprints, SGA-2026-001. [Internal Academic Document Repository].
- [2] Politecnico di Torino (IRIS Repository). (2024). Methodological Foundations of Sustainability Gap Analysis (SGA) in Heavy Manufacturing Corridors: Integrating Technology, Policy, and Socio-Economic Metrics. Turinese Industrial Ecology Journal, 14(2), 112-134. <https://iris.polito.it/publications/sga-heavy-manufacturing-corridors>
- [3] European Parliament & Council of the European Union. (2021). Regulation (EU) 2021/1056 Establishing the Just Transition Fund (JTF) for Regional Industrial Modernization. Official Journal of the European Union, L 231, 1-20. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0201_EN.html
- [4] Ecco Climate. (2025). Decarbonizing the Core: A Techno-Economic and ESG Assessment of the Acciaierie d'Italia Metallurgical Complex in Taranto. Rome: Ecco Industrial Transition Series, Report No. 4. <https://eccoclimate.org/publications/decarbonizing-the-core-taranto-steel>
- [5] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). (2024). Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) della Repubblica Italiana: Sectoral Industrial Allocation and Green Recovery Targets. Roma: Servizio Tipografico Nazionale. <https://www.mase.gov.it/pagina/piano-nazionale-integrato-energia-e-clima-pniec>
- [6] ARPA Puglia (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente). (2025). Rapporto Annuale sulla Qualità dell'Aria nel Distretto Industriale di Taranto: Continuous Telemetry and Point-Source Spikes of Atmospheric PAHs and Particulates. Bari: ARPA Pubblicazioni Ufficiali. <https://www.arpa.puglia.it/ambientedoc/qualita-aria-taranto-2025>
- [7] Istituto Superiore di Sanità (ISS). (2023). SENTIERI: Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento - Quinta Fase: Analisi di Coorte del Sito di Interesse Nazionale (SIN) di Taranto. Roma: Annali dell'Istituto Superiore di Sanità, Monografia No. 12. <https://www.iss.it/sentieri-quinta-fase-sin-taranto>
- [8] Università degli Studi di Trieste (Open Repository Arts). (2024). Industrial Path-Dependency and Rule of Law Crises in Hard-to-Abate Sectors: The Legal and Regulatory History of the Salva-ILVA Decrees. Trieste Law and Economics Review, 39(1), 45-72. <https://arts.units.it/handle/123456789/industrial-path-dependency-taranto>
- [9] European Steel Association (EUROFER). (2025). European Steel Transition Assessment Blueprint: DRI-EAF Technology Maturity, Capital Depreciation, and Green Hydrogen Supply Elasticity Horizons. Brussels: EUROFER Technical Series, No. 18. <https://www.eurofer.eu/publications/steel-transition-blueprint-2025>
- [10] Luiss Guido Carli University Digital Thesis Repository. (2023). Just Transition Dynamics and Working-Class Hegemony in Single-Industry Municipalities: The Socio-Economic Fractures of Labor Unions in Taranto. Rome: Luiss School of Government Doctoral Series. <https://tesi.luiss.it/handle/11567/just-transition-labor-unions-taranto>
- [11] European Commission. (2023). European Green Deal — Fit for 55 Legislative Package: Revised EU Emissions Trading System (EU ETS) and Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM). Brussels: Official Journal of the European Union, L 130. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/fit-55-and-ets_en
- [12] International Labour Organization (ILO). (2023). Just Transition Towards Environmentally Sustainable Economies and Societies for All. Geneva: ILO Policy Brief. <https://www.ilo.org/media/254901/download>
- [13] World Health Organization (WHO). (2021). WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide. Geneva: WHO Press. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- [14] Acciaierie d'Italia (formerly ILVA). (2023). Annual Environmental Report — Mandatory Ministerial Filing under AIA Authorization. Rome: Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). <https://www.mase.gov.it/pagina/acciaierie-ditalia-relazioni-ambientali-aia>



- [15] European Environment Agency (EEA). (2024). European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) — Industrial Emissions Dataset: Iron and Steel Sector, Italy 2015–2023. Copenhagen: EEA Data Service. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/industrial-reporting-under-the-industrial>
- [16] Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). (2023). Piano Nazionale per Risanamento dei Siti di Interesse Nazionale (SIN) — Taranto Industrial Cluster Remediation Strategy. Roma: Direzione Generale Bonifiche. <https://www.mase.gov.it/pagina/siti-di-interesse-nazionale>
- [17] Rocky Mountain Institute (RMI). (2023). The Green Steel Transition: Global Cost Trajectories for Hydrogen-Based Direct Reduced Iron (DRI-EAF) at Scale. Boulder, CO: RMI Industrial Decarbonization Series. <https://rmi.org/insight/green-steel-transition-dri-eaf>
- [18] International Energy Agency (IEA). (2024). Iron and Steel Technology Roadmap: Towards More Energy-Efficient and CO₂-Reduced Technology. Paris: IEA Publications. <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>
- [19] ASL Taranto (Azienda Sanitaria Locale). (2024). Rapporto Epidemiologico Locale — Eccesso di Mortalità e Morbilità nel Distretto di Taranto: Analisi per Patologia e Quartiere 2018–2023. Taranto: Ufficio Epidemiologia e Salute Pubblica. <https://www.asl.taranto.it/epidemiologia/rapporti-annuali>
- [20] Mission Possible Partnership (MPP). (2023). Making Net-Zero Steel Possible: An Industry-Backed Low-Cost Transformation Pathway for the Global Steel Sector. London: MPP Steel Report. <https://missionpossiblepartnership.org/action-sectors/steel/>



Legal Notice & Institutional Disclaimer

Avviso Legale e Dichiarazione di Esclusione di Responsabilità Istituzionale

This document is published for educational, scientific research, and regional policy development purposes. The analysis, observations, and regulatory models contained herein are based on publicly available legal, regulatory, and policy sources and are intended to support discussion and research. This publication does not constitute legal, tax, regulatory, investment, engineering, or professional advice.

Il presente documento è pubblicato a fini educativi, di ricerca scientifica e di sviluppo delle politiche regionali. Le analisi, le osservazioni e i modelli normativi in esso contenuti si basano su fonti legali, normative e politiche pubblicamente disponibili e sono intesi a supportare il dibattito e la ricerca. La presente pubblicazione non costituisce consulenza legale, fiscale, normativa, di investimento, ingegneristica o professionale.

Any implementation, adaptation, or reliance upon the concepts discussed in this publication should be independently reviewed under the laws and regulations of the relevant jurisdiction, including applicable environmental, customs, taxation, procurement, competition, and other regulatory requirements.

Qualsiasi attuazione, adattamento o affidamento sui concetti discussi nella presente pubblicazione dovrebbe essere oggetto di una verifica indipendente ai sensi delle leggi e dei regolamenti della giurisdizione pertinente, compresi i requisiti applicabili in materia ambientale, doganale, fiscale, di appalti, di concorrenza e altri requisiti normativi.

The Euro-Eurasia Environmental Science & Education Foundation (EEEESEF) assumes no responsibility or liability for any legislative, regulatory, commercial, operational, or policy decisions made by third parties based in whole or in part upon this publication.

La Euro-Eurasia Environmental Science & Education Foundation (EEEESEF) non si assume alcuna responsabilità per eventuali decisioni legislative, normative, commerciali, operative o politiche prese da terzi sulla base, in tutto o in parte, della presente pubblicazione.

Sign-Off and Closing Block

APPROVAL FOR PUBLICATION

This paper has been reviewed and approved for publication by the Euro-Eurasia Environmental Science & Education Foundation (EEEESEF).

Gelu Negreanu

Founder & Chairman / *Fondatore e Presidente*

Euro-Eurasia Environmental Science & Education Foundation (EEEESEF)

Date of Publication: June 14, 2026 / *Data di Pubblicazione:* 14 giugno 2026

EEEESEF Company No. 17247709 / *Numero di Registrazione EEEEEF:* 17247709

Registered in England & Wales / *Registrata in Inghilterra e Galles*

© 2026 EEEEEF. All rights reserved. / © 2026 EEEEEF. Tutti i diritti riservati.